



Dipartimento di tecnologia, ingegneria e scienze
dell' Ambiente e delle Foreste

Corso di Dottorato di ricerca

Scienze e Tecnologie per le gestione Forestale e Ambientale

XIX Ciclo

**Possibilità di utilizzo energetico dei residui ligno-cellulosici
delle operazioni di manutenzione del verde urbano e
periurbano: descrizione delle metodologie di lavoro e stima
dei quantitativi ritraibili; analisi del materiale prodotto**

**Curriculum: Utilizzazioni, cantieristica e infrastrutture forestali
(AGR06)**

Coordinatore: Prof. Gianluca Piovesan

Tutore: Prof. Sanzio Baldini

Dottorando: Chiara Artese

INDICE

<i>Introduzione</i>	5
<i>Obiettivi</i>	8
I - STATO DELL'ARTE	
1 Le biomasse e la bioenergia	9
1.1 Definizioni	9
1.2 Biomasse, energia ed effetto serra	
2 Il verde urbano e periurbano	14
2.1 Finalità delle operazioni di manutenzione	14
2.2 Operazioni di potatura	15
2.3 La regolamentazione del verde urbano: situazione nazionale	21
3 Stime di disponibilità di materiale residuale	26
3.1 Relazione fra biomasse, residuo e utilizzo finale	26
3.2 I lavori analizzati	27
3.3 Confronto tra risultati	33
II - MATERIALI E METODI	
4 Organizzazione della ricerca	39
4.1 Piano sperimentale e fasi operative	39
4.2 Materiali e metodi per i rilievi in campo	40
4.3 Materiali e metodi per le misurazioni in laboratorio	43
III – ANALISI DEI RILIEVI E DELLE MISURE EFFETTUATE	
5 Analisi dei cantieri: mezzi impiegati e produttività	48
5.1 Generalità sui cantieri osservati	48
5.2 Cantiere di manutenzione di eucalipto a Sabaudia (LT)	49
5.2.1 I rilievi in campo	52
5.2.2 Dati di produttività dei cantieri osservati	58
5.2.3 Note sulla metodologia di lavoro della ditta	59
5.2.4 Riepilogo dei dati significativi per la stima della biomassa ritraibile	60
5.3 Cantiere di potatura su alberatura stradale di leccio a Castel Gandolfo (RM)	60
5.3.1 I rilievi in campo	62
5.3.2 Dati di produttività dei cantieri osservati	68
5.3.3 Note sulla metodologia di lavoro della ditta	68
5.3.4 Riepilogo dei dati significativi per la stima della biomassa ritraibile	69
5.4 Cantiere di potatura su alberatura stradale di pino domestico a Roma	70
5.4.1 I rilievi in campo	72
5.4.2 Dati di produttività dei cantieri osservati	77

5.4.3 <i>Note sulla metodologia di lavoro della ditta</i>	78
5.4.4 <i>Riepilogo dei dati significativi per la stima della biomassa ritraibile</i>	79
6 Analisi dei campioni: dati misurati e calcolo dei parametri fondamentali	80
6.1 Premessa	80
6.2 Misurazioni e valori ottenuti per le rotelle	81
6.2.1 <i>Massa volumica</i>	81
6.2.2 <i>Rapporto umidità-pianta</i>	90
6.2.3 <i>Rapporto diametro-corteccia</i>	94
6.3 Misurazioni e valori ottenuti per le ramaglie	96
6.3.1 <i>Valori ottenuti per eucalipto e leccio</i>	96
6.3.2 <i>Valori ottenuti per il pino domestico</i>	99
6.4 Misurazioni e valori ottenuti per le scaglie di pino domestico ed eucalipto	101
6.4.1 <i>Valori ottenuti per il pino domestico</i>	102
6.4.2 <i>Valori ottenuti per l'eucalipto</i>	105
IV – DISCUSSIONE DEI RISULTATI	
7 Conclusioni sui cantieri del verde urbano nel Lazio	109
7.1 I sistemi di lavoro	109
7.2 Tipologie di biomasse prodotte nei cantieri	118
7.2.1 <i>Legna da ardere</i>	119
7.2.2 <i>Ramaglie</i>	120
8 Conclusioni sui campioni analizzati	126
8.1 Confronti con i valori trovati in bibliografia	126
9 Considerazioni conclusive e possibili sviluppi della ricerca	132
BIBLIOGRAFIA	136
RINGRAZIAMENTI	140

A VB
in ricordo delle cortecce

Introduzione

La vita di un albero in ambiente urbano si differenzia molto da quella in un ambiente naturale; in città le piante subiscono maggiori danneggiamenti dovuti agli urti delle automobili o alla realizzazione di scavi invasivi e presentano più frequentemente problemi di cavità, carie e attacchi fungini, che presuppongono interventi mirati alla conservazione di ogni individuo. La manutenzione del verde “verticale” (alberature) in ambiente urbano e lungo la rete stradale statale, provinciale e comunale comporta quindi potature periodiche e abbattimenti di molte piante, il cui legno è solitamente considerato un rifiuto, in base al D.lgs 22/97, cosiddetto “Ronchi”.

Nella città di Roma, che possiede circa 450.000 esemplari di alberi nel verde pubblico e 150.000 su strada, sono stati effettuati negli scorsi anni 7.000 abbattimenti di alberi pericolanti, con relativa sostituzione, oltre alla potatura di 60.000 esemplari con problemi di stabilità (Assessorato Ambiente e Politiche Agricole del Comune di Roma, 2006).

In linea generale, ogni pianta d’alto fusto in filare, con turno di potatura quindicennale, può produrre una quantità media annua di 200-250 kg di legno destinabile ad uso energetico (ARSIA, 2003).

I cantieri di potatura del verde urbano e peri-urbano rappresentano quindi un’ingente risorsa di biomassa legnosa che viene spesso lasciata ai margini stradali per poi essere raccolta e portata in discarica, od utilizzata comunque in maniera non appropriata.

La legna da ardere ottenuta ha in alcuni casi già un mercato, ma tutto il materiale considerato come fascina rappresenta un residuo da smaltire, ed è quindi classificato in base al Decreto “Ronchi” un rifiuto; tale materiale ha tuttavia un possibile utilizzo energetico, come stabilito dal D.P.C.M. 8 marzo 2002, che individua le

caratteristiche merceologiche dei combustibili aventi rilevanza ai fini dell'inquinamento atmosferico, e che con il termine "biomassa" individua i materiali vegetali provenienti da:

- coltivazioni dedicate;*
- trattamento esclusivamente meccanico di coltivazioni agricole non dedicate;*
- interventi selvicolturali, manutenzioni forestali e potature;*
- lavorazione esclusivamente meccanica del legno vergine;*
- lavorazione esclusivamente meccanica di prodotti agricoli.*

I residui di potatura vengono solitamente sminuzzati con il solo scopo di ridurre i volumi (il legno in scaglie occupa all'incirca metà del volume occupato dalla ramaglia alla rinfusa), che incidono naturalmente sui tempi di trasporto, ma la destinazione finale è generalmente la discarica.

In alcuni Comuni del Nord Italia il legno sminuzzato o triturato viene utilizzato insieme ad altro materiale organico per la produzione di compost. In Emilia Romagna, ad esempio, negli ultimi anni si è consolidato il "Giro verde", un servizio di ritiro a domicilio degli sfalci d'erba e potature destinati al compostaggio.

In genere, non essendo ancora reale un mercato del materiale legnoso sminuzzato, non esiste una raccolta organica e programmata di esso per usi energetici. Inoltre non tutti gli operatori del verde pubblico sono muniti di sminuzzatrici, in quanto presuppongono un investimento spesso non compensato dalla vendita del prodotto. Vi è quindi la necessità di creare centri di raccolta specializzati.

Il materiale ottenuto con queste operazioni deve avere comunque un utilizzo strettamente locale: il trasporto di esso non dovrebbe superare i 50-60 km dal luogo di produzione, per fare in modo che i bilanci energetici globali siano comunque positivi.

Attualmente non esiste un rilievo puntuale condotto a livello nazionale sulle disponibilità annuali di biomasse ligno-cellulosiche nell'ambito della manutenzione del verde urbano.

In linea di massima, semplici stime per i capoluoghi di provincia possono condurre a quantità variabili da alcune centinaia ad alcune migliaia di tonnellate di legno all'anno ricavabile dalla gestione del verde urbano, e dai giardini sia pubblici che privati.

Nel Rapporto Rifiuti ANPA 2001 vengono riportati, come dato a livello nazionale, circa 505.000 t (13,6 % sul totale della raccolta differenziata), come "sfalci e potature".

In uno studio condotto dall' ISMA nel 2002 vengono individuati per il Comune di Roma, in base ai registri di scarico dei residui delle manutenzioni del verde urbano conferiti in discarica, circa 15.000 t/anno.

Scopo del presente studio è stato quello di analizzare il lavoro svolto dalle imprese di manutenzione e di ottenere dei dati sperimentali e attendibili sulle produttività e sulla quantità di biomassa ottenuta, dati utili agli Enti gestori per le gare d'appalto, e alle ditte che eseguono i lavori per una migliore organizzazione, anche a livello economico, dei sistemi di lavoro

Solo a partire da una stima precisa della quantità di biomassa disponibile localmente sarà pensabile la creazione di una filiera legno-energia urbana.

Obiettivi

Nelle operazioni di manutenzione di piante appartenenti a filari di alberature o frangivento, nei quali generalmente l'operazione principale è la potatura, e dove non è facile definire un'uniformità di impianto, quello che si è voluto indagare, ai fini di questa ricerca, è la produttività giornaliera di una serie di cantieri specializzati, che ci condurrà alle seguenti informazioni:

- numero di piante potate mediamente in un giorno;
- materiale ottenuto per pianta.

Con le analisi effettuate sui campioni è stato possibile classificare il materiale asportato in base alle tipologie (legna da ardere, ramaglie, foglie).

Con questi dati, riferiti naturalmente ad una alberatura uniforme (stessa specie, stessa età di impianto), è possibile ricavare una stima del materiale ligno-cellulosico residuale ottenibile, estendendolo alla "rete" di alberature cittadine. In alcuni casi infatti, nell'ambito della gestione del verde urbano, i Comuni sono in possesso di "censimenti" del verde urbano, che non riportano però, tranne in rari casi, la stima del materiale di risulta delle operazioni di manutenzione.

Nel presente studio sono riportati anche alcuni lavori svolti nell'ambito del percorso formativo presso ITABIA – Italian Biomass Association, che ha co-finanziato il presente dottorato di ricerca; il capitolo 3 riporta infatti i dati di uno studio effettuato in collaborazione ITABIA che analizza i lavori presenti in letteratura sulla disponibilità di biomasse lignocellulosiche nella regione Lazio.

I – STATO DELL'ARTE

1 Le biomasse e la bioenergia

1.1 Definizioni

Il termine “biomassa” comparve in Italia verso la fine degli anni settanta quando, dopo la prima crisi energetica e sotto la spinta di emergenze ambientali, si risvegliò l'interesse per le fonti rinnovabili ed inesauribili di energia (solare, eolico, ecc.) e le biomasse furono inserite, anche sulla scia di quanto avveniva in altre nazioni, in questo contesto.

In termini scientifici, la parola biomassa include ogni tipo di materiale di origine biologica e quindi legato alla chimica del carbonio; in altri termini ci si può riferire ad ogni sostanza che deriva direttamente o indirettamente dalla fotosintesi clorofilliana.

Volendo accostare, se non far coincidere, la biomassa con il concetto di “rinnovabilità”, è necessario escludere tutte le biomasse fossilizzate e relativi derivati in quanto i tempi di ricostituzione (milioni di anni) vanno oltre qualsiasi logica programmatica o previsionale.

Associati al termine biomassa, sono ormai di utilizzo comune, nel settore delle energie rinnovabili, il termine *biocombustibile*, con il quale s'intende generalmente “ogni sostanza organica diversa dal petrolio, dal gas naturale, dal carbone o dai loro derivati, utilizzabile come combustibile”, e il termine *bioenergia*, che rappresenta la produzione di energia proveniente dall'uso delle biomasse.

Numerose sono le definizioni di “biomassa”, a volte incomplete, a volte contraddittorie. Basta dare uno sguardo alla decina di definizioni “ufficiali”, per rendersi conto della complessità del settore, della sua polivalenza, e del suo intreccio con numerosi altri comparti produttivi

ed ambientali quali l'agricoltura, le foreste, l'aria, il territorio e così via. Anche concetti che sono lineari per altre fonti rinnovabili di energia, quali la disponibilità e la rinnovabilità gratuita della fonte primaria, la semplicità d'uso, l'assenza di emissioni negli usi finali, non lo sono altrettanto per le biomasse.

La difficoltà di definire le biomasse in maniera univoca e chiara nasce anche dal fatto che il sistema comprende una serie di sottosistemi, dalla materia prima agli usi finali, a loro volta composti di numerose tipologie. Si contano, infatti, qualche centinaio di tipi diversi di materia prima: dal legno ai reflui zootecnici; va ricordato che non è corretto parlare di sole biomasse "viventi" in quanto ciò escluderebbe, ad esempio, la necromassa che costituisce il legname secco in bosco. Numerose inoltre sono le tecnologie di trasformazione: dalla combustione diretta all'idrolisi enzimatica; usi finali diversificati: dal riscaldamento domestico, all'autotrazione.

Recentemente, alcune direttive europee, recepite anche nella nostra legislazione, definiscono le biomasse come: **“la parte biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui provenienti dall'agricoltura (comprendente sostanze vegetali ed animali), dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali ed urbani”**.

Si noti come al termine "biodegradabile" non venga associato uno specifico riferimento temporale, mancando così l'indispensabile parametro del "periodo di tempo necessario alla degradazione (chimica o biologica)" che definisca come "sostenibile" l'impiego delle materie in questione.

Anche se per molti versi ancora incompleta, questa definizione di biomasse risulta abbastanza ampia da includere anche gran parte dei rifiuti che possono essere utilizzati come fonti energetiche, purché gli

Stati membri rispettino la normativa comunitaria vigente in materia di gestione dei rifiuti.

Infatti tra le risorse energetiche un ruolo primario, almeno da un punto di vista quantitativo, è certamente da riconoscere a quelle potenzialmente ricavabili dai rifiuti e, in particolare, dai rifiuti solidi urbani.

Anche la definizione esatta di rifiuto – come quella di biomassa - è stata, ed è ancora, oggetto di grande discussione, in particolare a livello di legislazione italiana; ancora più discussa è la rinnovabilità che, in linea di principio, non può essere associata all'intero insieme delle sostanze presenti nei rifiuti.

Più in particolare poi, andrebbe decisamente escluso dall'insieme dei "rifiuti" tutto il materiale vegetale non trattato derivante dalle attività agricole e forestali (biomasse vegetali) che, oltre a non creare impatti rilevanti sull'ambiente, conservano integralmente la caratteristica di rinnovabilità.

In definitiva l'attuazione del concetto di sviluppo sostenibile attraverso la produzione di bioenergia, di biomateriali e di biofertilizzanti passa attraverso la definizione e l'applicazione di rigorose metodologie di sistema.

1.2 Biomasse, energia ed effetto serra

Il più importante contributo delle biomasse alla riduzione dell'inquinamento atmosferico riguarda le emissioni di anidride carbonica (CO₂). Com'è noto, la CO₂ prodotta durante la combustione delle biomasse è controbilanciata dalla CO₂ assorbita dalle piante durante la loro crescita. Si tratta quindi di CO₂ "rinnovabile", a fronte di quella "fossile" emessa con la combustione delle tradizionali fonti energetiche. In linea di massima quando si usano le biomasse come combustibili, non si verifica alcun aumento sostanziale di carbonio atmosferico, salvo i quantitativi emessi quando una certa percentuale

di combustibili fossili viene usata per la raccolta, il trasporto, ed altri processi connessi con l'uso finale delle biomasse.

Questa considerazione ha determinato, negli ultimi due decenni, lo sviluppo di metodologie sempre più raffinate di analisi energetiche ed ambientali, finalizzate a valutare l'impatto delle filiere bioenergetiche in termini di produzione netta di energia rinnovabile e di contributo effettivo alla riduzione di emissioni. La ricerca di elevate efficienze per entrambi gli aspetti deve guidare le scelte delle filiere da privilegiare. La rilevanza del ruolo delle biomasse per la riduzione della concentrazione di CO₂ in atmosfera è confortata dal "Piano Nazionale per la riduzione delle emissioni di gas responsabili dell'effetto serra", predisposto dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio per il periodo 2003-2010, che assegna importanti obiettivi al settore sia in termini di sostituzione di combustibili fossili, sia di incremento della fissazione del carbonio nella massa legnosa delle piante.

Oltre al bilancio della CO₂, le biomasse possono presentare una serie di ulteriori vantaggi rispetto ai combustibili di origine fossile, che variano in funzione dei sistemi e delle tecnologie impiegate, come ad esempio:

- l'assenza di piombo, zolfo e altri inquinanti;
- l'assenza o la bassa quantità di idrocarburi incombusti, di CO, ecc.;
- la biodegradabilità dei combustibili;
- la capacità di sostituzione di componenti di combustibili liquidi tradizionali.

Gli obiettivi di sviluppo della bioenergia si inquadrano nell'ottica di soddisfare gli impegni internazionali assunti dall'Italia nell'ambito del Protocollo di Kyoto per la riduzione delle emissioni di gas serra.

Inoltre, e sempre di più, lo stimolo a realizzare questi programmi nasce dalla necessità di svincolare il mercato dell'energia in Italia dalla dipendenza dall'uso di combustibili fossili che, per il 90%, sono importati.

2 Il verde urbano e periurbano

2.1 Finalità delle operazioni di potatura

In generale la potatura, intesa nella sua accezione moderna, ha perso il suo antico carattere di "arte", per diventare oggi una operazione di tecnica colturale basata su precise nozioni scientifiche.

Lo scopo principale che si vuole ottenere con la sua applicazione è quello di regolare l'attività vegetativa in funzione della produzione nelle piante da frutto, oppure del valore estetico-funzionale (ornamentale) in quelle ornamentali.

In particolare, per quanto riguarda l'ambiente urbano, essa deve essere finalizzata al conseguimento di alcuni obiettivi come:

- favorire la longevità della pianta;
- mantenere il più possibile il portamento scelto (naturale o in forma obbligata);
- risolvere problemi di stabilità, verticalità ed ingombro;
- rimuovere focolai di infezione, soprattutto fungina.

Inoltre, nel rispetto degli scopi primari che si prefigge la gestione del verde urbano, è importante che le operazioni di potatura mirino innanzitutto alla rimozione dei possibili rischi verso i fruitori (schianti, cadute, ecc.) attraverso la eliminazione sollecita dei rami secchi e delle branche cariate, nonché ad assicurare la massima longevità possibile delle piante evitando loro per quanto possibile mutilazioni immotivate della chioma.

A fronte di quanto finora esposto, risulta evidente come, pure essendo teoricamente dimostrabile che una pianta non potata vive più a lungo

di una potatura, purtroppo in città l'albero ornamentale non sempre può essere lasciato crescere spontaneamente.

Esso infatti deve essere "guidato" e impostato affinché riesca a vegetare in un ambiente atrofizzato ed inquinato qual'è quello urbano, caratterizzato da sesti di impianto ravvicinati, piante deperite e senescenti, uso di varietà a grande sviluppo in ambienti ristretti, traumi e vincoli dovuti al traffico ed alle esigenze della vita cittadina.

E' importante ricordare che il termine "potare" non deve essere erroneamente considerato come analogo di "tagliare" o "sbrancare", ma va inteso come quel complesso di interventi compiuti sulla chioma, aventi lo scopo di assecondare o modificare se necessario la naturale tendenza dell'albero, per indirizzarla al raggiungimento degli obiettivi richiesti dall'habitat urbano.

2.2. Operazioni di potatura

Le operazioni di potatura sono le tecniche elementari che il potatore sceglie e combina più opportunamente fra loro per attuare i diversi tipi di intervento. Tali operazioni sono rappresentate da:

- a) spuntatura
- b) speronatura
- c) diradamento
- d) taglio di ritorno

Per esemplificare i concetti entreremo nel merito delle singole operazioni di potatura descrivendo innanzitutto in cosa consiste l'intervento e poi quali effetti fisiologici produce sulle piante. E' importante precisare come, a parità di legno asportato, ognuna delle quattro operazioni di potatura non produce effetti identici ma determina una differente reazione del vegetale. Gli schemi seguenti illustrano, i primi tre, le singole operazioni descritte nel testo, il quarto

il risultato della loro combinazione nell'intervento complessivo di potatura.

a) **SPUNTATURA**

Si tratta di un'operazione con la quale, intervenendo sulla parte apicale di un ramo o di una branca, si asporta una ridotta quantità di legno (taglio lungo).

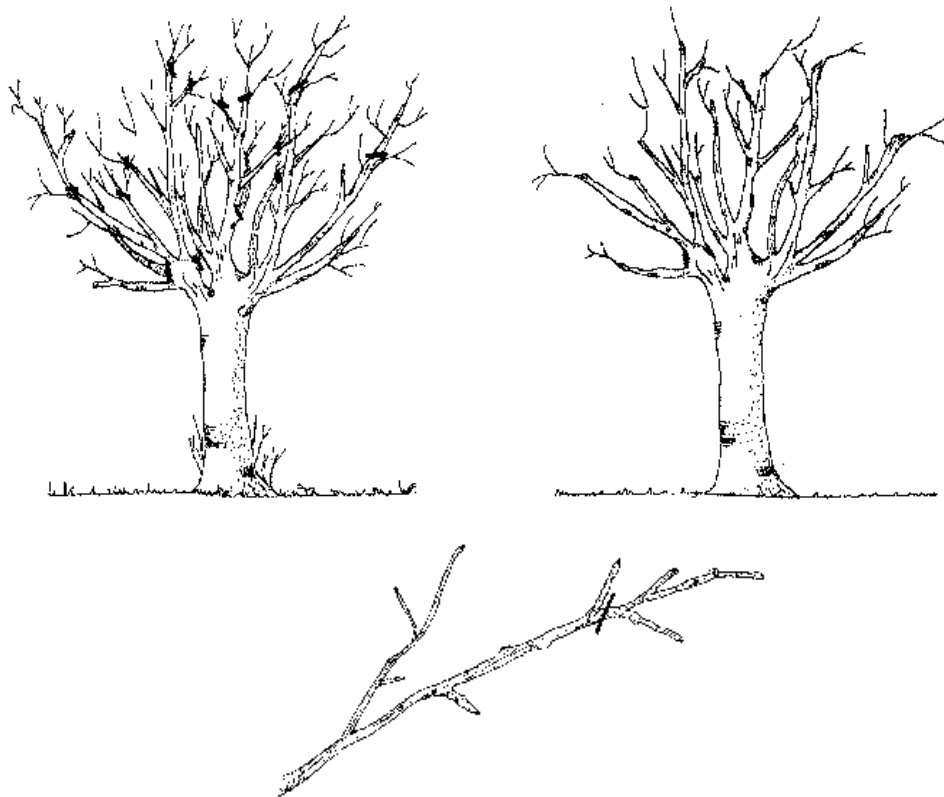


Fig. 1 - Schema di operazione di spuntatura

Dal punto di vista della fisiologia vegetale la spuntatura, in linea di massima, limita l'accrescimento e generalmente favorisce l'irrobustimento delle porzioni di pianta rimaste. Inoltre stimola lo sviluppo di nuove gemme lungo tutto l'asse dei rami ed in particolare nella porzione basale di questi. Questa operazione di potatura produce

effetti diversi se applicata su soggetti vigorosi o deboli, giovani o vecchi:

- una pianta vigorosa (generalmente soggetti giovani) ridurrà il suo vigore vegetativo diventando più equilibrata;
- una pianta debole (generalmente soggetti vecchi) ha scarsa di vegetazione dovendo distribuire la scarsa linfa su un numero notevole di gemme, tenderà ad esaurirsi.

b) SPERONATURA

Consiste nel taglio di raccorciamento eseguito sulla parte basale dei rami e delle branche che comporta l'asportazione di una gran parte della vegetazione (taglio corto) .

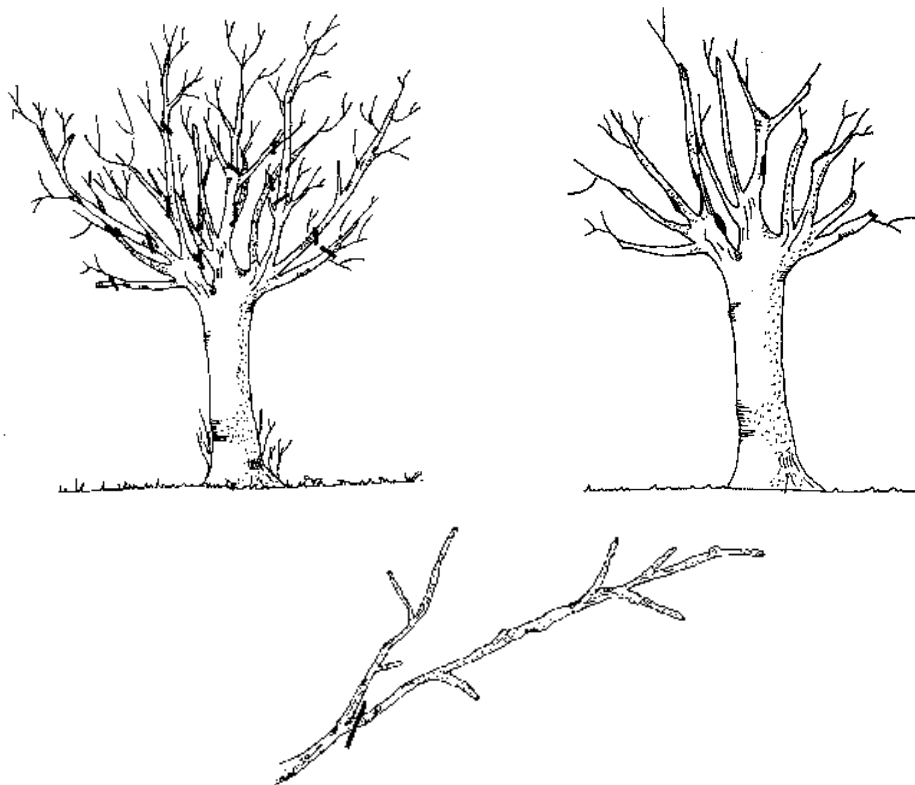


Fig. 2 – Schema di operazione di speronatura

Questa operazione di potatura comporta una riduzione del numero delle gemme da alimentare e pertanto la linfa affluisce con molta intensità nelle porzioni di vegetale rimaste.

Gli effetti fisiologici che si possono generalmente ottenere sono:

- risveglio delle gemme dormienti soprattutto in prossimità del taglio;
- germogli (generalmente a "ciuffi") che entrano in competizione fra loro per mancanza di una cima dominante;
- sviluppo di rami vigorosi.

Gli effetti ora descritti si riscontrano generalmente in piante in equilibrio vegetativo; infatti anche la speronatura produce reazioni diverse se applicata su piante deboli o vigorose: per esempio, un taglio corto eseguito su soggetti vecchi, può dar luogo a cacciate vigorose tali da consentire un benefico rinnovo della vegetazione.

c) DIRADAMENTO

Si tratta di asportare completamente rami o branche con taglio rasente alla base in prossimità delle inserzioni (asportazione totale) senza disturbare il collare.

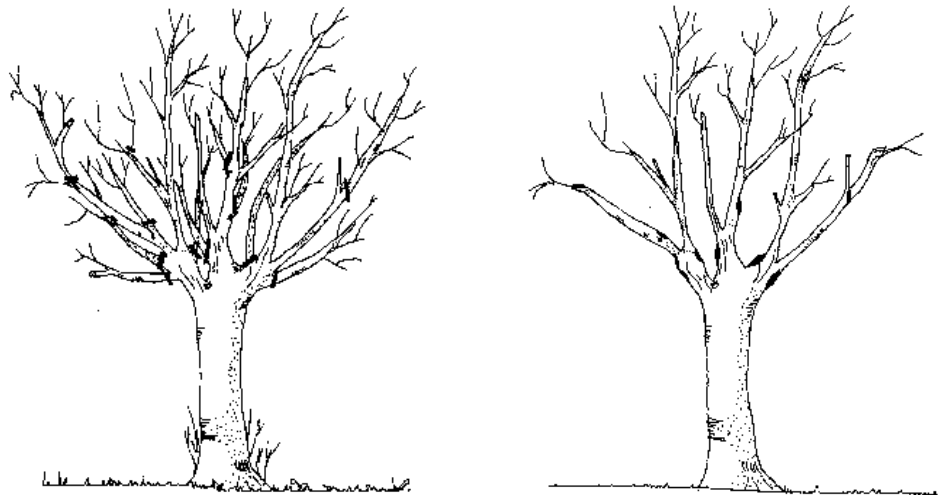


Fig. 3 – Schema di operazione di diradamento della chioma

Dal punto di vista fisiologico è dimostrato che, a parità di legno asportato, il diradamento rispetto ad una qualsiasi altra operazione di potatura (speronatura, spuntatura) sottrae una minor quantità di sostanze di riserva conferendo alla pianta un migliore equilibrio chioma-radici. Da ciò ne consegue che gli alberi sottoposti al diradamento formano una chioma meno compatta e più equilibrata rispetto a quelli sottoposti, per esempio, a raccorciamento. Il diradamento, asportando anche parte della porzione centrale della chioma, favorisce la benefica azione di contatto dei raggi solari ed abbassa il tasso di umidità fra le foglie limitando di fatto l'insorgenza di attacchi parassitari e consentendo un irrobustimento delle branche.

In genere si può affermare che, mentre il raccorciamento favorisce l'attività vegetativa, l'asportazione totale favorisce l'attività produttiva (fioritura, equilibrio del soggetto, ecc..).

Anche questa operazione di potatura, se utilizzata da sola o ripetutamente non produce risultati soddisfacenti; infatti deve essere opportunamente integrata con le altre (spuntatura, speronatura) a seconda della condizione del soggetto su cui si deve intervenire.

d) TAGLIO DI RITORNO

Consiste nel recidere il ramo o la branca immediatamente al di sopra di un ramo di ordine inferiore a quello che si elimina. Il ramo che così rimane sostituisce la cima di quello asportato assumendone le funzioni.

E' considerata un'operazione di potatura "indiretta" in quanto, anche se il soggetto viene privato nel suo complesso di grosse quantità di legno, e ridotto nelle sue dimensioni, consente sia di mantenere una corretta ed armonica successione fra i diametri dei diversi assi vegetativi (rami o branche) con evidente beneficio per l'estetica, che di mantenere una adeguata percentuale quantitativa e qualitativa di gemme. In altre parole, rispetto alle altre 3 operazioni prima descritte, in questo caso diventa importante eseguire il taglio in funzione del tipo e del numero di gemme che si intende lasciare (gemma apicale, numero di gemme per metro di legno). Evidentemente questa potatura può essere applicata esclusivamente quando esistono in prossimità del punto in cui si ritiene opportuno effettuare il taglio, dei rami di ordine inferiore a quelli che si vogliono eliminare. Purtroppo, a causa di elevate densità d'investimento, di turni di potatura troppo lunghi, di tipi di potatura precedentemente adottati, ecc. non sempre sussistono i presupposti materiali per effettuare questa operazione o comunque una sua realizzazione richiede interventi successivi e dilazionati nel tempo.

Va infine valutata la cosiddetta "intensità di potatura" intesa come la quantità di legno da asportare con le operazioni sopra elencate. Tale intensità sarà "ricca" nel caso venga asportato un elevato quantitativo complessivo di legno e "povera" nel caso venga lasciato molto legno sulla pianta. Ovviamente gli esempi e le relative combinazioni di operazioni possono essere infiniti; ciò dimostra che non esiste un unico modo di intendere la potatura, ma essa dovrebbe sempre essere

adattata alle singole caratteristiche che il soggetto ha assunto nel corso della propria vita; ciò comporta quindi che si debba ritenere superato il concetto di "uniformità" che vuole tutte le piante di un'alberata o di un gruppo potate in modo uguale rispetto, ad esempio, all'altezza o alla forma.

Concludendo, l'operatore che si accinge a potare, dovrà sempre:

- esaminare accuratamente le condizioni vegetative del soggetto (portamento, vigore);
- stimare, in base ai vincoli ed agli obiettivi, la combinazione più opportuna delle operazioni e dell'intensità di potatura;
- eseguire la potatura in modo che la pianta mantenga un valido aspetto estetico grazie ad una forma quanto più possibile armonica e vicina al portamento naturale, nonché delle condizioni vegetative quanto più possibile ottimali, grazie ad un equilibrato, costante e duraturo rapporto chioma-radici.

2.3 La regolamentazione del verde urbano: situazione nazionale

Nel corso della seconda metà del XX secolo la popolazione italiana ed il relativo sistema insediativo ha profondamente cambiato i propri connotati: da un profilo rurale, proprio ancora dell'immediato dopoguerra, ha progressivamente assunto quello più urbano. Questo cambiamento ha determinato evidenti effetti socioeconomici, paesaggistici ed urbanistici.

Lo sviluppo delle aree urbane non sempre è stato organico e rispettoso di quelli che oggi sono definiti standard della qualità della vita. In particolare scarsa è stata l'attenzione nei confronti del verde sia dal punto di vista quantitativo che da quello qualitativo. La frequente affermazione di un processo edificatorio di tipo indiscriminato è stata

tale che, nel tentativo di porne un limite, sul finire degli anni sessanta fu emanato un decreto interministeriale, il 1444/68, che fissò i rapporti tra spazi destinati agli insediamenti e quelli riservati al verde pubblico ai fini della formazione degli strumenti urbanistici.

L'efficacia di detto strumento è stata comunque relativa e la concentrazione di abitanti in vasti nuclei urbani, la realizzazione di vere e proprie aree metropolitane caratterizzate da elevata densità di popolazione e la bassa disponibilità di verde sono alcuni degli effetti più evidenti di questo processo di urbanizzazione che si è protratto fino al momento attuale.

Alcune amministrazioni comunali comunque, conscie del ruolo e delle funzioni che gli spazi verdi¹ possono assicurare nelle città, hanno cominciato, seppure spesso in modo disarticolato, a dotarsi di strumenti specifici per garantire la salvaguardia del verde urbano. Sono nate così le prime norme di diverso genere e livello che riguardano la regolamentazione (caratteristiche, estensione, etc.) dei parchi, dei giardini, delle alberate, degli orti.

Questo processo, che in Italia si sta affermando di recente, all'estero invece si è sviluppato e si è concretizzato già da diverso tempo.

Una ricerca del 1990 (Profous e Loeb, 1990) indica che, secondo diverse modalità di intervento ed obiettivi perseguiti, la protezione del verde urbano e degli alberi in particolare interessa numerosi paesi dell'Europa, dell'Asia, dell'Oceania e delle Americhe.

Tra gli stati maggiormente interessati alla questione, si devono riportare gli USA nei quali la regolamentazione del verde si è affermata e consolidata al punto di diventare uno degli elementi base per la gestione degli spazi urbani in generale, coinvolgendo sia la

¹ Gli spazi verdi urbani sono definiti da molti autori anche come "foresta urbana" ovvero l'insieme della vegetazione compresa nell'ambito urbano, suburbano e nelle zone agricole limitrofe ai centri abitati. Tale foresta comprende i parchi, i giardini, gli orti, le fasce di rispetto stradali e ferroviarie, le sponde di corsi d'acqua, gli incolti, ecc.

proprietà pubblica che quella privata (Cooper, 1996; Houde, 1997) specie, negli ultimi anni, nell'ambito della riconversione e riqualificazione urbanistica .

In questa ottica la normazione del verde urbano va a costituire uno degli strumenti che, inseriti in un più ampio contesto di pianificazione organica, consente di perseguire lo sviluppo sostenibile della “foresta urbana” e delle aree urbane nel loro complesso.

In particolare Clark *et alii* (1997) individuano nelle diverse forme di regolamentazione del verde urbano una delle componenti del quadro delle risorse gestionali per garantire la sostenibilità .

Negli USA la regolamentazione del verde, specie per quanto riguarda le alberature, è oggi una procedura talmente usuale che, non solo sono molte le amministrazioni dotate di queste norme, ma sono state definite anche linee guida per lo sviluppo e la valutazione per le ordinanze riguardanti gli alberi nelle città (Bernhardt e Swiecki, 1999) Le norme per la salvaguardia delle alberature sono molto diffuse anche in Gran Bretagna (Profous e Loeb op. cit.; Mackintosh, 1987) dove si sono affermate come uno degli strumenti per la salvaguardia della identità di luoghi storici quali parchi, filari e giardini di età vittoriana.

In Italia la regolamentazione del verde urbano, nelle diverse forme e livelli, potrebbe rappresentare uno degli elementi base per garantire non solo un'efficiente politica di settore, ma soprattutto per garantire un uso più razionale della risorsa suolo e per contribuire a garantire una riconoscibilità delle identità dei luoghi.

Gli strumenti a disposizione sono diversi e comprendono le ordinanze sindacali e le deliberazioni ad *hoc* oppure veri e propri regolamenti o allegati afferenti alle normative urbanistiche ed edilizie (Piani Regolatori, Norme Tecniche di Attuazione, Regolamenti Edilizi, etc.). Il ruolo dei comuni è fondamentale sia per le responsabilità demandate in materia di pianificazione del territorio sia per il fatto che risultano

essere i proprietari e gestori di gran parte del verde urbano pubblico presente nei nostri centri urbani².

Un'indagine svolta nel 2001 dalla Facoltà di Agraria dell'Università di Bari ha avuto l'obiettivo di fare il punto dello stato dell'arte della regolamentazione del verde urbano in Italia.

Sul campione determinato (84 comuni) solo 19 amministrazioni, pari al 23 %, risultano essere dotate di un regolamento del verde. In particolare tale strumento risulta essere diffuso al Centro Nord Italia dove interessa 16 comuni (12 al nord e 4 al centro).

Da quanto emerge dai risultati risulta chiaro come la regolamentazione *sensu latu* sia abbastanza diffusa anche nel nostro Paese. Gli strumenti normativi, di diverso genere e livello, sono presenti in massima parte nelle amministrazioni delle regioni del nord e del centro. In particolare sono presenti norme definite come "regolamenti" e quindi di carattere generale e provvedimenti più specifici quali ordinanze, deliberazioni riguardanti uno o più aspetti della gestione e salvaguardia del verde pubblico. In molti casi le prescrizioni discendono dagli strumenti urbanistici ed edilizi.

A prescindere dal tipo di norma, gli obiettivi perseguiti sono generalmente di tipo vincolativo e pertanto incentrati prevalentemente sulla salvaguardia passiva delle alberature e riguardano limiti e prescrizioni inerenti abbattimenti, potature, utilizzo di determinate specie. In merito a quest'ultima prescrizione, si fa quasi sempre riferimento all'utilizzo di alberature autoctone o tipiche del contesto paesaggistico dei singoli siti. Frequente, nel caso di concessione dell'abbattimento, è l'indicazione del ripristino della specie senza considerare l'eventuale di introdurre una nuova più consona al contesto. Sono assenti ipotesi di operazioni di tipo compensativo (es.

² Porzioni di verde urbano possono afferire ad altri enti pubblici, quali Amministrazioni Provinciali (verde scolastico), Ministero dei Beni Culturali (giardini e parchi annessi a dimore e palazzi storici), Regioni (verde di contorno ai fiumi)

abbattimento o eliminazione di uno spazio verde in una zona e realizzazione di interventi in un'altra); manca anche l'incentivazione del verde come strumento per il miglioramento delle condizioni di vita in ambito urbano (es. utilizzo di tetti verdi quali strumento per favorire una gestione più razionale delle acque meteoriche nelle città oppure nel recupero dei reflui di depurazione). Pertanto, nonostante molti provvedimenti riportino tra gli obiettivi *“la tutela del paesaggio e della vegetazione in quanto rivestono un ruolo fondamentale per l'ambiente, l'igiene”* o *“la tutela delle fondamentali funzioni che le piante possono assolvere nell'ambiente”*, dalla lettura delle diverse norme e dall'analisi dei risultati, difficilmente si riesce ad evincere un quadro organico di provvedimenti coesi a delineare una vera e propria politica del verde urbano che possa essere basata oltre che sul vincolo anche su incentivazioni e su sinergie con gli altri strumenti della pianificazione urbana per la diffusione della qualità e della quantità della vegetazione nelle città.

La presenza delle diverse norme sembra apparire disgiunta dalla pianificazione degli spazi urbani o almeno non è messo in chiaro il ruolo del verde come uno degli elementi sui quali fondare lo sviluppo delle città.

La ricerca ha comunque messo in evidenza che l'interesse verso la diffusione di una politica di settore è un fenomeno recente e comunque evidente. Due elementi sono chiarificatori su questo punto:

- a) la maggior parte delle norme e dei regolamenti censiti sono afferenti all'ultimo decennio;
- b) la manifestazione di interesse da parte delle amministrazioni intervistate di volersi dotare di regolamenti a breve e medio termine.

3 Stime di disponibilità di materiale residuale

3.1 Relazione fra biomasse, residuo e utilizzo finale

Il termine biomassa comprende tutto il materiale organico di provenienza vegetale ed animale; poiché gli studi presenti in letteratura sulla disponibilità di biomasse non esaminano tutte le varie tipologie ma solo quelle destinabili ad un successivo utilizzo, è necessario che sia indicato, all'interno dello studio, cosa si intende con il termine biomassa, mediante definizioni stabilite dalla legislazione.

La biomassa, per sua natura, può provenire da diversi settori: agroforestale, agroalimentare, agroindustriale, dall'industria del legno e della carta, ecc.

A sua volta la stima può riguardare i sottoprodotti di un settore (potature, residui, scarti, ecc.) o i prodotti stessi (legna da ardere, colture dedicate, colture energetiche, ecc.).

La definizione di "disponibilità" di biomasse è resa difficoltosa non solo dalla attuale carenza di dati ufficiali attendibili (questa difficoltà si riscontra anche nella valutazione degli utilizzi), ma soprattutto da un punto di vista concettuale, quando si deve ben specificare se il significato della parola "disponibilità" vada inteso come disponibilità totale di biomassa presente sul territorio (disponibilità potenziale), o come disponibilità effettivamente ed economicamente ritraibile.

La biomassa è distribuita sul territorio e raramente ha delle fonti "puntiformi"; ogni territorio possiede proprie caratteristiche fisiche (dimensione, orografia, utilizzo del suolo, ecc) e socio-economiche (attività rurali, agroindustriali, ecc.) che uno studio deve prendere in considerazione. La dimensione agisce in modo inversamente proporzionale all'attendibilità dei risultati: maggiore è l'area, minore è

l'attendibilità; gli altri aspetti influenzano invece in particolare le categorie di biomasse considerate ed i loro utilizzi.

3.2 I lavori analizzati

Gli studi che riguardano le biomasse, a prescindere dall'ampiezza territoriale dell'area indagata, utilizzano dati tecnico-agronomici forniti da un'ampia letteratura a riguardo e dati statistici di varia provenienza (Istituti di statistica nazionali ed internazionali, CFS, FAO, ecc.). I dati statistici possono far riferimento a diversi periodi temporali: l'anno solare, l'annata agricola o la media di più anni.

Si è proceduto ad una indagine a largo raggio per verificare quanti e quali studi siano stati realizzati; in particolare sono stati consultati Istituti di ricerca pubblici e privati, Università, Organizzazioni di categoria e le imprese attive nel settore.

L'indagine ha riguardato le seguenti categorie di lavori:

- indagini svolte a livello nazionale con una disaggregazione a livello regionale;
- indagini specificatamente realizzate a livello regionale.

Dall'indagine è derivata la constatazione di una sensibile carenza conoscitiva delle effettive disponibilità e potenzialità produttive di biomasse vegetali nella Regione; solamente tre sono infatti risultati gli studi che riportano dati significativi relativamente alla Regione Lazio:

1 "Potenzialità energetica da biomasse nelle regioni italiane", AIGR³-ENEA⁴, 1994;

2 "Piano Energetico della Regione Lazio", 2001;

3 "Valorizzazione energetica delle biomasse agricole laziali", ISMA⁵, 2002.

³ AIGR-Associazione Italiana di Genio Rurale, oggi AIIA Associazione Italiana di Ingegneria Agraria

⁴ ENEA-Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente

⁵ ISMA-Istituto Sperimentale per la Meccanizzazione Agricola

Ogni metodologia di lavoro applicata nei tre studi porta inevitabilmente a risultati differenti a causa di una serie di motivi:

- ❑ gli obiettivi;
- ❑ le categorie di biomasse considerate;
- ❑ le fonti dei dati ed il loro aggiornamento;
- ❑ i parametri per il calcolo dei residui;
- ❑ le considerazioni circa la reale disponibilità
- ❑ l'innovazione tecnologica legata alle modalità di recupero ed impiego.

Gli studi quindi sono difficilmente comparabili e qui di seguito ci si limiterà a riportare i risultati di ognuno di essi, cercando di valutarne l'attuale utilizzabilità.

I quantitativi di biomassa riportati sono espressi in migliaia di tonnellate di sostanza secca prodotta per anno (kt s.s./anno); questo modo di misurare le quantità è il più idoneo per le valutazioni complessive delle biomasse, in quanto non risente dell'influenza del contenuto di umidità, che caratterizza singolarmente ed in diverso modo le varie tipologie. Quest'ultimo aspetto va viceversa analizzato attentamente in sede di valutazioni sulle metodologie di raccolta, trasporto, stoccaggio, ecc, che variano sostanzialmente in funzione delle caratteristiche della biomassa tal quale.

Lo studio **AIGR-ENEA** riporta i soli quantitativi netti delle biomasse (Tabella 1).

Dalla lettura dei risultati si possono evidenziare le seguenti considerazioni:

- ❑ la biomassa disponibile annualmente in Regione ammonta a 920 kt s.s., ripartita in 390 kt s.s. di scarti agricoli, 446 kt s.s. di biomasse forestali e 84 kt s.s. di scarti dell'agroindustria;

- la provincia con maggiori quantità di biomasse totali è quella di Roma (257 kt s.s.).

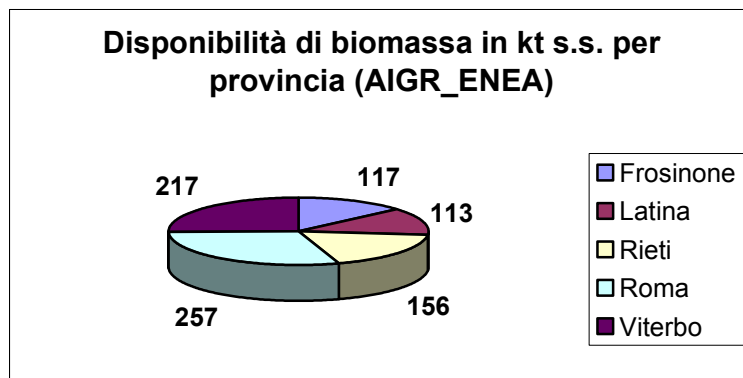
□

Se, invece ci si riferisce alle singole tipologie di biomassa:

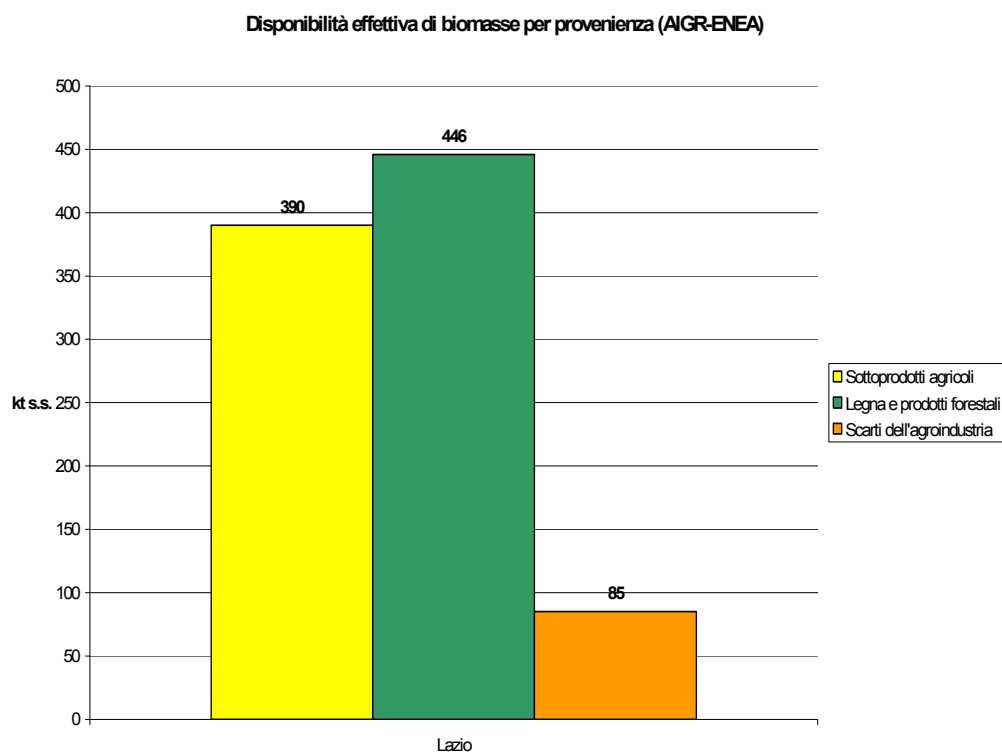
- Viterbo è la provincia con più sottoprodotti agricoli (121 kt s.s.);
- Rieti è la provincia con più legna e sottoprodotti forestali (120 kt s.s.);
- Roma è la provincia con più scarti agroindustriali (35 kt s.s.).

Province	Sottoprodotti agricoli (kt s.s./anno)		Legna e sottoprodotti forestali (kt s.s./anno)		Scarti dell'industria agroalimentare (kt s.s./anno)		Totale (kt s.s./anno)	
	Potenziale	Effettiva	Potenziale	Effettiva	Potenziale	Effettiva	Potenziale	Effettiva
	Frosinone	----	62	----	98	----	17	----
Latina	----	62	----	33	----	18	----	113
Rieti	----	32	----	119	----	5	----	156
Roma	----	113	----	110	----	35	----	257
Viterbo	----	121	----	86	----	10	----	217
Lazio	----	390	----	446	----	84	----	921

Tabella 1-Disponibilità di biomasse nella Regione Lazio secondo l'AIGR-ENEA



Graf. 1 – Disponibilità di biomasse del Lazio per provincia (Fonte AIGR-ENEA)



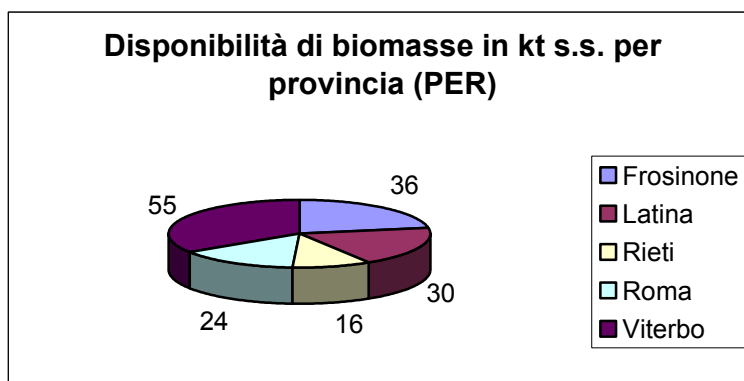
Graf. 2 – Disponibilità di biomasse del Lazio per provenienza (Fonte AIGR-ENEA)

Il **Piano Energetico** della Regione Lazio (Tabella 2) considera come effettivamente disponibile solo una parte dei residui delle colture erbacee, i cui quantitativi sono molto limitati (160 kt s.s./anno). In questo caso la provincia con maggiori quantitativi di biomasse risulta Viterbo (55 kt s.s./anno).

Si noti come i dati riferiti agli scarti agroindustriali coincidono esattamente con i dati di disponibilità effettiva risultanti dal lavoro svolto dall'AIGR-ENEA, l'unica differenza è che il PER del Lazio non li considera effettivamente disponibili.

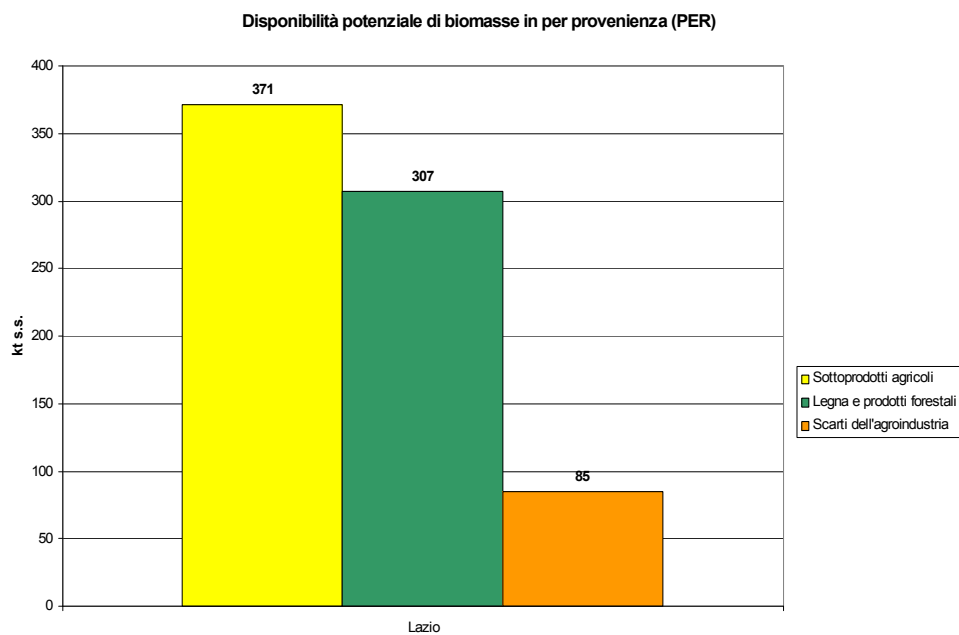
Province	Sottoprodotti agricoli (kt s.s./anno)		Legna e sottoprodotti forestali (kt s.s./anno)		Scarti dell'industria agroalimentare (kt s.s./anno)		Totale (kt s.s./anno)	
	Potenziale	Effettiva	Potenziale	Effettiva	Potenziale	Effettiva	Potenziale	Effettiva
Frosinone	---60	36	95	---	17	---	171	36
Latina	---57	30	33	---	18	---	108	30
Rieti	---29	16	90	---	5	---	122	16
Roma	---85	24	45	---	35	---	165	24
Viterbo	---140	55	44	---	10	---	194	55
Lazio	---371	160	306	---	84	---	762	160

Tabella 2-Disponibilità di biomasse nella Regione Lazio secondo il PER del Lazio



Graf. 3 – Disponibilità biomasse del Lazio per provincia

(Fonte Piano Energetico del Lazio)



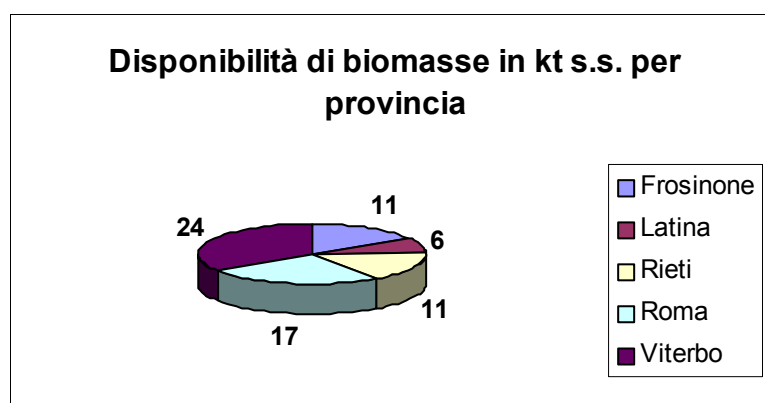
*Graf. 4 – Disponibilità di biomasse del Lazio per provenienza
(Fonte Piano Energetico del Lazio)*

I risultati dello studio condotto dall'ISMA (Tabella 3) riporta dei quantitativi, sia potenziali che effettivi, minori dei precedenti due. A portare a questi risultati è la considerazione che siano utilizzabili i soli residui delle colture arboree, per un totale in Regione di 70 kt s.s./anno; anche qui Viterbo risulta la provincia con maggiori disponibilità di biomasse 20 kt s.s./anno.

Uno dei dati interessanti di questo studio è la quantità di residui della potature del verde pubblico di Roma che non viene impiegata per la produzione di energia ma conferita in discarica autorizzata. Le potature ammonterebbero nel 2000 a circa 15 kt s.s.

Province	Sottoprodotti agricoli (kt s.s./anno)		Legna e sottoprodotti forestali (kt s.s./anno)		Scarti dell'industria agroalimentare (kt s.s./anno)		Totale (kt s.s./anno)	
	Potenziale	Effettiva	Potenziale	Effettiva	Potenziale	Effettiva	Potenziale	Effettiva
Frosinone	31	11	----	----	10	----	41	11
Latina	40	6	----	----		----	40	6
Rieti	19	11	----	----	11	----	30	11
Roma	74	17	----	----		----	74	17
Viterbo	93	24	----	----	19	----	113	24
Lazio	257	70	----	----	41	----	300	70

Tabella 3-Disponibilità di biomasse nella Regione Lazio secondo l'ISMA



Graf. 5 - Disponibilità biomasse del Lazio per provincia
(Fonte ISMA)

3.3 Confronto tra i risultati

Ogni ragionevole studio finalizzato alla stima delle quantità di biomasse, anche se criticabile in alcuni aspetti, rimane sempre uno strumento di analisi del territorio. Gli studi esaminati in questa sede contribuiscono, a modo loro, a definire con maggiore chiarezza quale sia la reale situazione delle biomasse nella regione e come si possano utilizzare queste risorse in modo economicamente ed ambientalmente sostenibile.

Lo studio **AIGR-ENEA** è un lavoro condotto su base teorica, senza l'ausilio di indagini e riscontri sul territorio. Questo non consente di apprezzare a pieno tutti i dati risultanti dall'indagine, che quindi devono essere considerati come indicativi di una situazione. L'aspetto più interessante è la metodologia messa a punto dagli autori, la sua struttura le permette di essere utilizzata in altre situazioni, disponendo di dati più aggiornati e in dettaglio. Per quanto riguarda le tipologie di biomasse considerate, sia per quelle provenienti dal settore agricolo che quelle provenienti dal settore agroindustriale, la stima illustra una situazione verosimile; per le biomasse provenienti dalla selvicoltura l'ipotesi di sviluppo energetico però non descrive a pieno la situazione attuale.

Il bosco dovrebbe essere considerato come una notevole risorsa energetica, da cui molto potrebbe essere ricavato, così come accade in altri paesi europei a condizione che si tenga conto delle esigenze selvicolturali, naturalistiche, ambientali, sociali, ecc. Attualmente il bosco non può offrire di più perché è in uno stato di abbandono, di degrado vegetativo, di frammentarietà della proprietà e di mancanza di interventi. Allorché si avanza una proposta di maggiore sfruttamento (ipotesi di sviluppo energetico), si dovrebbero anche indicare quali siano i punti deboli da sostenere e gli interventi da adottare per arrivare ad una gestione ottimale; l'esposizione di dati teorici ed ipotetici non rendono chiaro la reale prospettiva e le relative condizioni di realizzazione.

Il **Piano Energetico** della Regione Lazio non è stato realizzato esclusivamente per stimare i quantitativi di biomasse presenti sul territorio regionale, nascendo come strumento di valutazione e programmazione dell'intero settore energetico della regione. Il Piano, si è avvalso della collaborazione dell'ENEA, che ha ripreso parte della metodologia e dei risultati del lavoro svolto con l'AIGR, facendo delle considerazioni più prudenti circa il loro effettivo utilizzo. Le

valutazioni sono così contenute che gli autori ritengono disponibili solo le biomasse provenienti dalle paglie dei cereali (160 kt/ss anno). Sono totalmente escluse le biomasse ottenibili dal bosco, che anche qui vanno valutate nell'ottica di una gestione migliore del patrimonio boschivo regionale, e quelle dell'agroindustria. Analizzando il documento possiamo altresì dire che la parte dedicata alle biomasse è carente dato che queste risorse hanno bisogno di valutazioni molto più dettagliate. Sicuramente, in un documento così ampio nei contenuti non era possibile soffermarsi in particolare su tutti gli argomenti ma quello di cui si doveva tener conto, era la previsione di successive azioni per lo sviluppo dei settori che invece non sono state previste. Altro aspetto che non bisogna dimenticare è che le biomasse provengono per la maggior parte dall'agricoltura e dalla selvicoltura, due settori che in questi anni stanno vivendo un lento impoverimento di risorse economiche ed umane. Le biomasse oltre a produrre energia pulita offrono un beneficio trasversale a vari settori, includendo il settore agroforestale, il territorio rurale, l'ambiente montano e pedemontano meritando quindi un'attenzione certamente maggiore..

Lo studio svolto dall'**ISMA** non può essere paragonato ai due precedenti, che godevano di risorse economiche e strumentali maggiori, ma presenta alcuni aspetti molto interessanti su cui occorrerebbe approfondire le conoscenze. Il primo è la disaggregazione su scala comunale delle quantità di biomasse stimate, il secondo è l'attenzione rivolta alle potenzialità ottenibili attraverso la manutenzione del verde urbano, settore poco conosciuto e esplorato.

Uno dei punti non del tutto condivisibili dello studio è quello relativo alla mancata considerazione delle biomasse provenienti dalle colture erbacee (paglia di cereali e stocchi del mais), che se pur stimate sono ritenute non disponibili. Gli autori giustificano questa considerazione ritenendo che i residui delle colture erbacee debbano essere

completamente reinterrati, al fine di ripristinare gli elementi minerali nei suoli agricoli, mentre è oramai assodato che il contributo della sostanza organica dato dai residui è minimo. Sarebbe tutt'al più ragionevole considerarne una parte (circa 40-45%) non effettivamente utilizzabile, perché già impiegata dall'azienda per la zootecnia o non raccolta per i costi o per l'avvicinarsi subitaneo di due colture (cereali autunno-vernini e mais). Queste considerazioni portano a non includere nelle biomasse disponibili circa 160 kt s.s./anno (gli stessi quantitativi stimati dal Piano Energetico), un quantitativo non indifferente.

Come detto gli aspetti più interessanti di questo studio rimangono:

- la disaggregazione dei dati a livello comunale; il ruolo di questi Enti Locali è sempre più importante per la gestione del territorio e l'utilizzo di queste fonti di energia;
- l'indagine sulle potature del verde urbano del Comune di Roma, le quali pur costituendo una risorsa non indifferente (15 kt/anno di s.s.) non sono mai state prese in considerazione. In questo caso se è stata applicata una metodologia di stima attendibile, questa non è stata mai applicata ai comuni della regione o anche ai soli capoluoghi di provincia.

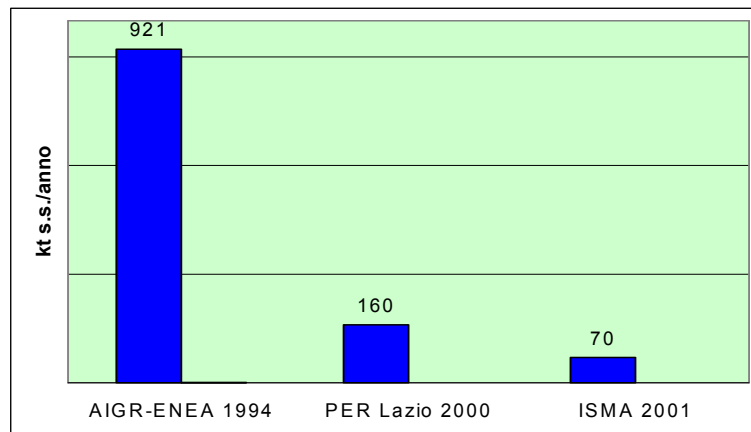
Il quadro conoscitivo che ne risulta appare quindi notevolmente carente per una serie di motivi:

- gli studi sono poco aggiornati;
- la disaggregazione territoriale è insufficiente;
- i trend sono poco o nulla analizzati;
- non sono completamente definite le possibilità di raccolta e trasporto di alcune tipologie di biomasse;
- in nessuno studio, neanche in quelli più recenti, vengono prese in considerazione le colture a finalità energetiche.

Se ne deriva la necessità e l'opportunità di proseguire nell'opera di indagine e valutazione per avere a disposizione sia degli

Amministratori Pubblici, sia degli imprenditori un insieme di conoscenze maggiormente finalizzato.

Ribadendo il fatto che le indagini non devono necessariamente portare agli stessi risultati, se compariamo i dati finali degli studi qui analizzati (Grafico 6), si evidenzia una situazione molto contrastante.



Graf. 6- Disponibilità di biomasse nella Regione Lazio secondo gli studi esaminati

Lo studio più remoto, quello svolto dall'AIGR-ENEA, stimava nel 1994 una disponibilità di circa 900 kt di sostanza secca prodotta annualmente nell'intera regione. Negli studi seguenti, datati 2000 e 2002, queste stime calano drasticamente a tal punto da risultare meno di un decimo di quanto stimato inizialmente. Ciò non può essere dovuto solo alle differenti metodologie utilizzate ed alle considerazioni più prudenti degli autori circa l'effettiva disponibilità. Ad essere interessate da questo calo sembrano essere le biomasse provenienti dall'agricoltura e dalla selvicoltura, le prime legate oramai all'abbandono dei terreni agricoli e delle colture, le seconde non considerate a priori, come se l'innovazione tecnologica nei sistemi di gestione, trattamento e raccolta del legno proveniente dai boschi non fossero mai state applicate.

La repentina mancanza di biomasse provenienti dall'agricoltura e dalla selvicoltura è uno dei tanti segnali che mostrano come negli ultimi anni questi settori stiano vivendo un graduale abbandono. A diminuire non è la biomassa disponibile in sé ma i terreni coltivati e le superfici forestali utilizzate. Si ribadisce la considerazione che nessuno degli studi analizzati espone delle previsioni per gli anni successivi e ciò limita ulteriormente l'analisi di un settore certamente in evoluzione.

II – MATERIALI E METODI

4 Organizzazione della ricerca

La presente ricerca è nata grazie alla collaborazione fra l'Università della Tuscia - DAF, che ha messo a disposizione le attrezzature e i laboratori per i rilievi e le analisi dei campioni, e ITABIA- Associazione Italiana Biomasse, che ha reso disponibili le proprie strutture ed esperienze nel settore della bioenergia per permettere alla scrivente un approfondimento tematico di ampio respiro, indirizzando poi la scelta della tematica di ricerca sulla valorizzazione del verde urbano ai fini di un approvvigionamento energetico sostenibile a livello comunale.

La ricerca si è inserita inizialmente in un progetto di utilizzo delle fasce frangivento in provincia di Latina, progetto del quale ITABIA era partner; in seguito, grazie alla collaborazione con la ditta ECOFLORA srl, operante a Roma nel settore del verde urbano, è stato possibile estendere l'analisi dei cantieri anche nell'ambito prettamente urbano.

4.1 Piano sperimentale e fasi operative

Lo scopo di questo lavoro è la stima del materiale ligno-cellulosico ottenibile in alcune tipologie di cantiere di utilizzazioni del verde urbano, in particolare dalle operazioni di potatura, che rappresentano l'operazione di manutenzione più frequente.

Per fare ciò si è ritenuto utile:

- analizzare le produttività di ogni cantiere rilevato, mettendo a confronto i sistemi di lavoro e gli aspetti organizzativi;
- verificare, misurando un certo numero di campioni di rami potati, la quantità di materiale asportata per pianta e per giornata;

- analizzare in laboratorio le differenti tipologie di biomassa ottenuta (corteccia, rami di piccola e media grandezza, foglie) di ogni specie analizzata, calcolandone alcuni parametri (massa volumica, umidità), importanti da conoscere ai fini dell'utilizzo energetico.

Le attività sperimentali si sono svolte tra marzo 2004 e giugno 2006.

4.2 Materiali e metodi per i rilievi in campo

In tutti i cantieri visitati sono stati misurati i tempi di lavoro per la potatura e per l'abbattimento, dove necessario, per il carico del cassone del camion dove possibile.

In questo modo è stato possibile determinare:

- *per il cantiere di eucalipto:*
 - la produttività delle operazioni di potatura, abbattimento e allestimento;
 - la produttività delle operazioni di carico della legna da ardere;
 - la produttività delle operazioni di carico della ramaglia.
- *per il cantiere di leccio:*
 - la produttività delle operazioni di potatura e allestimento;
 - la produttività delle operazioni di carico del materiale indifferenziato.
- *per il cantiere di pino domestico:*
 - la produttività delle operazioni di potatura e allestimento;
 - la produttività delle operazioni di carico del materiale indifferenziato.

Per rilevare i tempi di lavoro necessari per il calcolo della produttività dei cantieri è stata utilizzata una tabella cronometrica munita di tre cronometri centesimali Minerva ad azione meccanica, di cui:

- uno per i tempi totali lordi di lavoro TL (comprensivi di tempi morti inevitabili ed evitabili);
- due per i tempi parziali relativi alle fasi di lavoro che, a seconda del tipo di cantiere, si dividono in:
 - Tempi di posizionamento camion, iniziale e successivi ad ogni spostamento da una pianta all'altra;
 - Tempi di salita e discesa dell'operaio con i ramponi sulla pianta;
 - Tempi di estensione braccio idraulico, iniziale e dei successivi spostamenti;
 - Tempi di salita e discesa del cestello, compresi i movimenti per pause, rifornimenti, per prendere corde, ecc;
 - Tempo effettivo di potatura;
 - Tempi di spostamento del cestello da un ramo all'altro o da una pianta all'altra;
 - Tempi impiegati per il taglio di grosse branche con l'utilizzo di corde;
 - Tempi delle operazioni a terra per sramare, deprezzare, movimentare con bobcat;
 - Tempi di preparazione del camion al carico;
 - Tempi di carico;
 - Tempi di spostamento da un mucchio di ramaglia all'altro;
 - Tempi morti inevitabili: tempi di inattività da cui non si può prescindere (pause per il passaggio di persone, per il rifornimento, per il pranzo);
 - Tempi morti evitabili: tempi di inattività dovuti ad una cattiva organizzazione del lavoro oltre alle pause per eventuali infortuni.

Nei tempi totali lordi sono stati inclusi tutti i vari tempi. Quelli totali netti sono stati ottenuti sottraendo dai tempi totali lordi i tempi morti evitabili.

In termini di produttività del cantiere, è stata presa come riferimento la produttività netta oraria (t/h) di ogni squadra di lavoro impegnata nella potatura, riferita quindi ai tempi totali netti, per ogni giornata di rilievo.

Per misurare le lunghezze dei rami o delle piante intere abbattute è stata usata una rotella metrica. Per i diametri dei rami è stato utilizzato un calibro, mentre per i diametri delle piante un cavalletto dendrometrico.

Per i cantieri di eucalipto e leccio il volume di materiale asportato per pianta è stato ottenuto dividendo il peso dei carichi effettuati, rilevato tramite pesa industriale, per il numero di piante sulle quali era stata fatta la manutenzione.

Il calcolo della biomassa prelevata è stato fatto in maniera diversa per il pino domestico, per il quale la misurazione di lunghezze e diametri di una serie di rami individuati come “campione” ha permesso di calcolare il volume in m³ di ogni ramo.

Sommando i volumi dei rami di una pianta è stato ottenuto il volume totale asportato per ogni esemplare; per ogni giornata di potatura sono state contate le piante potate. Moltiplicando il volume medio asportato per pianta, per il numero di piante, è stato ottenuto il volume di materiale asportato ogni giorno.

4.3 Materiali e metodi per le analisi in laboratorio

Il materiale prelevato per le analisi in laboratorio risulta composto da:

Specie	Rotelle (n)	Rami e ramaglia comprensivi di fogliame (kg)	Scaglie (kg)
Eucalipto	25	23	6
Leccio	24	1,7	-
Pino domestico	-	5 m_{st}	8

Tab. 4 – Riepilogo dei campioni legnosi analizzati

Tutti i campioni sono stati pesati con bilancia di precisione allo stato fresco.

Successivamente, utilizzando una stufa a 103 °C, i campioni sono stati essiccati tenendoli in stufa 48 ore e verificando, con il metodo della doppia pesata a distanza di 6 ore, il raggiungimento dello stato anidro. Di esse è stato determinato il valore di massa volumica allo stato fresco e allo stato anidro, oltre che i valori di umidità riferita allo stato fresco e allo stato anidro.

Si fa presente che le rotelle di eucalipto sono state prelevate alla base, al centro e all'apice dei fusti e dei rami, mentre per quanto riguarda il leccio esse riguardano esclusivamente le sezioni all'inserzione, al centro e all'apice dei rami.



Foto 1 - Rotelle scortecciate di eucalipto Foto 2 - Rotelle scortecciate di leccio

Per quanto riguarda le rotelle, sia di eucalipto che di leccio, prima dell'inserimento in stufa, esse sono state scortecciate al fine di

determinare la percentuale di corteccia allo stato fresco, come risulta dalle tabelle 11 e 12 del capitolo 6.



Foto 3 - Cortecce di eucalipto



Foto 4 -Cortecce di leccio

Per quanto riguarda la ramaglia di *eucalipto* e *leccio* prelevata, sono stati scelti alcuni rami campioni, di piccola e media grandezza, e sono stati suddivisi in 3 tipologie di campioni:

- rami fini (con diametro inferiore a 1 cm);
- rami medi (con diametro compreso da 1 a 4 cm);
- foglie.

Per facilitare le operazioni di misurazione di peso (con la bilancia di precisione) e di volume (con lo xilometro), sia i rami fini che quelli medi sono stati raccolti in piccole fascine. Successivamente, dopo l'essiccazione in stufa, è stato misurato il peso allo stato anidro.



Foto 5 - Fascina di rami fini di leccio



Foto 6. Campione di rami di leccio con diametro compreso fra 1 e 4 cm

Di queste tipologie di campione è stata determinata la massa volumica (tranne che per i ramoscelli per via dell'alto contenuto di corteccia) e l'umidità allo stato anidro, oltre che allo stato fresco.

Le foglie sono state invece semplicemente pesate alla stato fresco e allo stato anidro per valutarne il grado di umidità.



Foto 7 - Campione di foglie di eucalipto



Foto 8 - Campione di foglie di leccio

Per quanto riguarda il *pino domestico*, è stata calcolata, analizzando un campione di rami, la massa volumica allo stato fresco, misurando il volume con l'utilizzo uno xilometro e il peso con una bilancia di precisione.

La ramaglia campione è stata suddivisa in:

- rami con diametro inferiore a 4 cm (comprensivi di aghi e strobili);
- rami con diametro superiore a 4 cm.



Foto 9 - Rami sezionati di pino domestico destinabili come legna da ardere



Foto 10 - Ramaglie di pino domestico destinabili alla sminuzzatura

Per quanto riguarda le scaglie di *eucalipto* e *pino domestico*, sono state suddivise nelle varie componenti (legno, cortecce, rametti e foglie inclusi nello sminuzzato) e misurate le dimensioni di ciascuna di esse. Inoltre sono stati calcolati i valori di densità bulk e l'umidità allo stato anidro di campioni di scaglie prelevati a differenti profondità di un cumulo.



Foto 11 -.Scaglie di legno di eucalipto



Foto 12 - Cortecce presenti nel campione di scaglie di eucalipto

III – ANALISI DEI RILIEVI E DELLE MISURE EFFETTUATE

5 Analisi dei cantieri: mezzi impiegati e produttività

5.1 Generalità sui cantieri osservati

L'organizzazione dei lavori di manutenzione del verde urbano e periurbano, rilevata tramite rilievi e interviste ad un campione di cantieri selezionato all'interno di un elenco di ditte specializzate, è risultata, nei cantieri osservati, come segue.

L'abbattimento di piante che costituiscono alberature stradali viene effettuato nel caso in cui queste siano pericolanti, deperienti o comunque costituiscano pericolo per le persone e per manufatti edili. Si tratta di un'operazione molto delicata che deve essere compiuta soltanto da personale esperto, con una formazione specifica. Infatti in questi casi l'abbattimento è reso difficoltoso dal poco o nullo spazio di caduta, dalla presenza di manufatti o infrastrutture ed ancora dall'aggrovigliamento delle chiome a cablaggi elettrici o telefonici.

Una delle migliori tecniche utilizzate consiste nel taglio dall'alto verso il basso e dall'esterno verso l'interno delle varie parti della pianta. L'operazione in genere è svolta da 3 operai: uno sul cestello che lega con funi la parte da tagliare e la recide, uno al di sotto ai doppi comandi ed un terzo che munito di una carrucola ancorata alla pianta accompagna la caduta della parte recisa fino a terra.

La peculiarità dei cantieri operanti sul verde stradale è l'assenza delle fasi di esbosco e la relativa facilità del concentramento, che avviene in terreni poco accidentati, spesso asfaltati, e per brevi tratti (non più di 50 m). Infatti è il camion che carica il materiale direttamente nel cassone con la pinza idraulica a spostarsi dove necessario. Naturalmente non sempre il posizionamento del camion è agevolato,

in quanto, se non è prevista la chiusura della strada al traffico, è necessario individuare un'area adatta all'operazione dal passaggio di autoveicoli.

A tal proposito si fa notare che un'attenzione particolare da parte delle ditte che effettuano questo tipo di operazioni, deve essere prestata per quanto concerne:

- la predisposizione e lo smantellamento del cantiere;
- il posizionamento della segnaletica;
- il tempo di permanenza.

Tra la predisposizione e lo smantellamento di un cantiere, una delle operazioni molto importanti consiste nel posizionamento della segnaletica che, oltre ad essere prevista dalla normativa vigente in materia di sicurezza (D.Lgs. 626/94 e 494/96), consente di operare agevolmente senza rischi né per gli operatori né per gli utenti della strada.



Foto 13 – Allestimento del cantiere

5.2 Cantiere di manutenzione di eucalipto a Sabaudia (LT)

Nella provincia di Latina una grande risorsa è rappresentata dalle fasce frangivento che delimitano gli appezzamenti agricoli e che sono

gestiti attualmente dall'Agenzia per lo Sviluppo Agricolo del Lazio, ARSIAL.

Le fasce frangivento sono delle vere e proprie formazioni forestali e dovrebbero essere gestite secondo i moderni principi della selvicoltura naturalistica, che ne esalti la funzione principale svolta: la protezione del territorio e la difesa delle colture. In passato queste formazioni sono state utilizzate per scopi produttivi (legname da lavoro e da ardere). Oggi, invece, si tende a gestirle attraverso operazioni di potature ed abbattimenti controllati per mantenere la funzione protettiva.

L'ARSIAL si occupa della gestione delle fasce frangivento affidando i lavori a ditte esterne che effettuano la manutenzione di tutte o parte delle fasce. Il Nucleo Fasce Frangivento dell'ARSIAL, con sede a Latina, svolge le operazioni di stima preliminare del legname ritraibile dalla manutenzione ordinaria e straordinaria delle fasce frangivento nei comuni in cui queste sono presenti.

La manutenzione ordinaria consiste nella ceduzione delle piante di eucalipto, nelle ripuliture e sfolli delle altre latifoglie e nella potatura delle conifere; la manutenzione straordinaria riguarda interventi di abbattimento di piante o grossi rami incumbenti sulla sede stradale o pericolose per i cablaggi elettrici aerei.

L'ultimo intervento di manutenzione ordinaria è stato eseguito nel periodo 1986/1987, dopo di che la turnazione dei settori da sottoporre a manutenzione ordinaria fu bloccata.

I lavori furono ripresi nel 2000-2001 nei comuni di Terracina, San Felice Circeo, Sabaudia, Pontinia, Latina e Cisterna, dall'ARSIAL ma solo come "*.....interventi di somma urgenza mirata*", ovvero di manutenzione straordinaria. Tali interventi sono affidati tramite bandi di gara definiti dagli operatori con il termine "*pari e patta*". L'appalto prevede la cessione alla ditta aggiudicataria delle quantità di legname di risulta dalle operazioni e degli strobili della specie *Pinus pinea*, a

fronte delle necessarie prestazioni di carattere silvo-colturale, intese ad eliminare lo stato di pericolosità delle alberature poste su suolo pubblico. La tipologia degli interventi ammessi è la seguente:

- taglio di alberi e rami pericolosi e/o pericolanti;
- spollonature, sfalci e pulizie delle aree dove sono radicate le piante;
- raccolta degli strobili di pino domestico e distruzione dei nidi di processionaria del pino;
- rimozione di tutto il materiale di risulta.

Secondo queste disposizioni la ditta assegnataria non percepisce alcun pagamento per il servizio reso. La quantità e soprattutto la qualità del materiale estratto da tali operazioni è molto bassa, l'unico assortimento ritraibile di particolare interesse, come si vedrà più avanti è la legna da ardere, per cui il ricavo dalla vendita del legnatico e degli strobili non sempre consente alla ditta assegnataria di rientrare dei costi di gestione dei cantieri di manutenzione. Accade quindi che, il più delle volte, queste gare vadano deserte.

Una volta individuato il punto della fascia dove operare, il professionista incaricato dalla ditta della direzione dei lavori effettua un primo sopralluogo con il personale tecnico dell'ARSIAL per valutare:

- gli interventi da eseguire,
- fare una stima del tempo necessario,
- individuare i possibili pericoli in cui si potrebbe incorrere,
- valutare, secondo la distanza dal centro aziendale, il mezzo di trasporto più idoneo.

La ditta incaricata nel periodo in cui sono stati fatti i rilievi operava sui tratti di strada indicati dal personale tecnico dell' ARSIAL, che

erano in genere brevi e non contigui giorno per giorno, e nei quali i lavori di manutenzione previsti si concludevano in giornata.

Nei 4 sopralluoghi effettuati all'interno di questa tipologia di cantiere le località sono state quindi differenti, anche se gravavano sempre nell'area fra Sabaudia e Terracina.



Foto. 14 – Mucchio di ramaglie di eucalipto a bordo campo

5.2.1 I rilievi in campo

La **prima giornata** ha avuto come obiettivo la valutazione del sistema di lavoro per impostare la metodologia di ricerca. Al contempo è stata fatta una prima raccolta di campioni per le misurazioni in laboratorio.

Nelle successive giornate sono stati rilevati i tempi di lavoro per la determinazione della produttività di abbattimento, potatura, allestimento e carico, sia per quanto riguarda la produzione di legna da ardere che per la ramaglia, comprensiva di rametti fini, con diametro minore di 1 cm.

Nella **seconda giornata** la squadra era composta inizialmente da 2 operai: uno addetto alla potatura, equipaggiato con ramponi per l'arrampicata (senza funi di sicurezza sulle piante); l'altro operaio eseguiva l'allestimento dei rami a terra. Un terzo operaio, arrivato nella tarda mattinata, si è aggiunto per allestire il materiale quando sono cominciate le operazioni di carico, eseguite dall'operatore precedentemente impegnato dal taglio dei rami.



*Foto 15 – Operaio con ramponi
nella fase di potatura di pianta di
eucalipto*

Attrezzatura usata:

Motoseghe (STIHL 066, STIHL MS250, STIHL MS200, KOMATSU)

Asta potatrice con braccio telescopico KOMATSU

Camion con pinza e cassone con capacità di 16 m³

Rilievi effettuati:

Totale piante analizzate sul filare:	25
Piante su cui è stata effettuata la manutenzione:	12
Altezza media delle piante del filare	18 m
Diametro medio a 1,30 m delle piante del filare	28 cm
N.° piante abbattute	9 (di cui 5 polloni)
N° rami tagliati	58
Diametro medio dei rami tagliati	14 cm
Lunghezza massima dei rami tagliati	10 m
Peso totale della legna da ardere ottenuta dalle 12 piante	4,30 t
Peso totale della ramaglia e del fogliame	1,03 t

Tempi di lavoro

Tempo totale dall'inizio alla fine del rilievo	5 h 47 '
Tempi morti evitabili	48'
Tempi morti inevitabili	1h 30'
<i>Tempi morti totali</i>	<i>2 h 18'</i>
Tempo di carico della ramaglia	1 h 10'
Tempo di carico della legna da ardere	1h 30'



Foto 16 – Fase di ancoraggio di una pianta di Eucalipto da abbattere

Nella **terza giornata** la squadra era composta da 3 operai: uno addetto alla potatura, equipaggiato con ramponi per l'arrampicata (senza funi di sicurezza sulle piante), un secondo all'allestimento, ed il terzo alla segnalazione del cantiere sulla strada, visto che le piante sulle quali si operava pendevano nella maggior parte dei casi verso questa infrastruttura.

Attrezzatura usata:

Motoseghe (STIHL 066, STIHL MS250, STIHL MS200, KOMATSU)

Asta potatrice con braccio telescopico KOMATSU

Camion con pinza e cassone con capacità di 16 m³

Rilievi effettuati:

Totale piante analizzate sul filare:	30
Piante su cui è stata effettuata la manutenzione:	5
Altezza media delle piante del filare	25 m
Diametro medio a 1,30 m delle piante del filare	55 cm
N° piante abbattute	2
N° rami tagliati	38
Diametro medio dei rami tagliati	23 cm
Lunghezza massima dei rami tagliati	11 m
Peso totale della legna da ardere ottenuta dalle 5 piante	6,15 t
Peso totale della ramaglia e del fogliame	1,20 t

Tempi di lavoro

Tempo totale dall'inizio alla fine del rilievo	6 h 10'
Tempi morti evitabili	40'
Tempi morti inevitabili	1h 40'
<i>Tempi morti totali</i>	<i>2 h 20'</i>
Tempo di carico della ramaglia	50'
Tempo di carico della legna da ardere	1h 30'



Foto 17 – Carico della legna da ardere di eucalipto con pinza idraulica

Nella **quarta giornata** la squadra era composta inizialmente da 4 operai: uno addetto alla potatura dalla piattaforma, uno alla guida della piattaforma, due alla sorveglianza del traffico. Si è aggiunto un quinto operaio che ha iniziato l'allestimento e il concentramento del materiale, che è proseguito in un secondo momento con i due operai precedentemente impiegati nella sorveglianza del traffico, fino alle 17.45. Nel frattempo i due operai sulla piattaforma si sono spostati presso un altro cantiere.

Attrezzatura:

Motoseghe (STIHL 066, STIHL MS250, STIHL MS200, KOMATSU)

Piattaforma su carrello elevatore (altezza massima 34 m)

Camion con pinza e cassone con capacità di 16 m³

Rilievi effettuati:

Totale piante analizzate sul filare:	10
Piante su cui è stata effettuata la manutenzione:	6
Altezza media delle piante del filare	24 m
Diametro medio a 1,30 m delle piante del filare	45 cm
N° piante abbattute	4
N° rami tagliati	65
Diametro medio dei rami tagliati	18 cm
Lunghezza massima dei rami tagliati	9 m
Peso totale della legna da ardere ottenuta dalle 6 piante	15,00 t
Peso totale della ramaglia e del fogliame	2,20 t

Non è stato possibile rilevare direttamente il tempo di carico della ramaglia e della legna da ardere in quanto sono state caricate il giorno successivo.

Tempi di lavoro

Tempo totale dall'inizio alla fine del rilievo	5 h 15'
Tempi morti evitabili	32'
Tempi morti inevitabili	13'
<i>Tempi morti totali</i>	<i>45'</i>

5.2.2 Dati di produttività dei cantieri osservati

La produttività oraria dei cantieri, tenendo conto sia della legna da ardere che delle ramaglie, risulta essere, nelle diverse fasi:

	Abbattimento, potatura e allestimento <i>(t/h*squadra)</i>	Carico legna da ardere <i>(t/h*squadra)</i>	Carico ramaglie <i>(t/h*squadra)</i>
1° cantiere	2,30	2,87	0,88
2° cantiere	2,32	4,1	1,44
3° cantiere	3,64	nd	nd
Valore medio	2,75	3,49	1,16

Tab. 5 – Riepilogo dati produttività cantieri di eucalipto

5.2.3 Note sulla metodologia di lavoro della ditta

La tipologia del cantiere prevede inevitabilmente una serie di tempi morti inevitabili per una serie di azioni legate alla situazione particolare: ancoraggio delle piante da abbattere con funi per evitare l'atterramento delle piante sulla strada, altamente trafficata e la scelta, spesso ardua, della direzione di caduta della pianta e dei rami, anche per evitare di danneggiare i cablaggi aerei delle linee elettriche e telefoniche.

Si è notata una scarsa produttività nel carico della legna da ardere sul cassone, in quanto i rami e i fusti venivano depezzati in maniera disomogenea nella fase di allestimento, e la persona che era addetta alle manovre con la pinza spesso doveva provvedere ad un'ulteriore depezzatura sul cassone.

Nel secondo rilievo si è notata una maggiore celerità nel carico della legna da ardere dovuta al fatto che il materiale era stato depezzato più regolarmente e successivamente accatastato in mucchi facilmente prelevabili dalla pinza.

Nel terzo rilievo si è potuto constatare che la potatura delle piante effettuata dalla piattaforma ha senz'altro una maggiore produttività; anche per quanto riguarda gli abbattimenti, le piante sono state tagliate in topi da 2 metri dalla cima alla base piuttosto che abbattute intere:

in questo caso quindi non si rilevano tempi morti inevitabili come quelli necessari per stabilire la direzione di caduta della pianta.

La disponibilità del cestello sul sollevatore, in affitto giornaliero, ha orientato le operazioni giornaliere sull'abbattimento e la potatura piuttosto che sull'allestimento ed il carico, operazioni rimandate alla giornata successiva.

5.2.4 Riepilogo dei dati significativi per la stima della biomassa ritraibile

Piante oggetto di manutenzione	23
Di cui	
- piante abbattute	15
- piante esclusivamente potate	8
Peso legna da ardere	25,45 t
Peso ramaglia	4,43 t
Peso totale	29,88 t
Materiale asportato per pianta	
1° cantiere	0,44 t
2° cantiere	1,47 t
3° cantiere	2,86 t
Valore medio di tutte le giornate	1,30 t

5.3 Cantiere di potatura su alberatura stradale di leccio a Castel Gandolfo (RM)

Il cantiere, in località "Galleria di sopra" a Castel Gandolfo prevedeva la manutenzione dell'alberatura di leccio presente su entrambi i lati della SP "dei laghi", strada una volta di proprietà dello Stato Città del Vaticano (al quale è adiacente), e ora di competenza provinciale.

L'intervento ha riguardato 330 piante, in prevalenza di leccio, con la presenza di qualche carpino. Prima dell'inizio dei lavori veri e propri di manutenzione è stata fatta un'analisi preventiva di stabilità (VTA), con etichettatura di ogni individuo.

La ditta incaricata, specializzata a Roma su interventi di manutenzione del verde urbano, riporta che l'ultimo intervento simile risaliva a quattro anni indietro.



Foto 18 - Viale di leccio dopo l'intervento

Gli interventi sono stati diversificati nell'arco delle 15 giornate di cantiere: oltre alla potatura delle piante giudicate sane, vi sono stati abbattimenti di piante con grossi diametri (oltre 1 m) con tronco cavo e deperiente, con particolare attenzione nel rilascio di eventuali polloni, debitamente delimitati con picchetti di castagno; inoltre tra le attività del cantiere era prevista la decespugliatura delle rampe stradali.



Foto 19 - Ceppaia di leccio dopo abbattimento per tronco cavo

L'orario del cantiere era dalle 8,30 alle 17, con un'ora di pausa circa per il pranzo.

I rilievi sono stati effettuati su due giornate (15 e 16 maggio 2006), nelle quali il tratto di strada interessato non ha previsto nessun abbattimento, e le piante risultavano essere di media grandezza. Sono stati conteggiati, al momento del rilievo, anche i tagli relativi alle piccole fronde.

In questo cantiere non è stato possibile distinguere la legna da ardere dalla ramaglia in quanto la ditta non prevedeva, in questo caso, la vendita del materiale per usi energetici. Il materiale veniva caricato, dopo l'allestimento, indistintamente con la pinza nel cassone del camion. Il peso del materiale caricato è stato rilevato direttamente dai registri di scarico della ditta.

5.3.1 I rilievi in campo

Nella **prima giornata** di rilievo, il cantiere ha effettuato la manutenzione solo nella mattinata, in quanto la chiusura al traffico era

stata autorizzata solo per quell'orario. I tempi di lavoro sono stati quindi rilevati dalle 8 alle 13.

La squadra era composta da quattro operatori, di cui due che operavano su cestello con braccio idraulico (1 al taglio e uno alla guida e direzionamento della caduta dei rami, per evitare che cadessero nel parco adiacente); un terzo operaio era addetto alla direzione del traffico, oltre che alla sistemazione del materiale in mucchi per il carico e alla pulizia della strada.



Foto 20 -Pianta di leccio prima della potatura



Foto 21 - Pianta di leccio dopo l'intervento

I mucchi venivano poi avvicinati all'area dove era posizionato il camion con pinza idraulica da un operatore alla guida di un Bobcat con mini pala caricatrice.



Foto 22 - Concentramento delle ramaglie di leccio con Bobcat presso autocarro

Il capocantiere dava indicazioni sui rami da asportare e sulle modalità di taglio.

Il camion con pinza idraulica è stato caricato una volta.

Attrezzatura usata:

Motoseghe (STIHL 020T, STIHL 026)

Camion FIAT IVECO 124-17 con piattaforma aerea

Camion Mercedes 1828 con pinza Loglift e cassone con capacità di 28 m³

Bobcat Thomas Muscle con mini pala caricatrice

Rilievi effettuati:

Totale piante analizzate sul filare:	11
Piante su cui è stata effettuata la manutenzione:	11
Altezza media delle piante del filare	8,5 m
Diametro medio a 1,30 m delle piante del filare	27 cm

N° piante abbattute	nessuna
N° rami tagliati	159
Diametro medio dei rami tagliati	5 cm
Lunghezza massima dei rami tagliati	4,5 m
Peso totale della legna comprensiva di ramaglia ottenuta dalle 11 piante	11,1 t

Tempi di lavoro

Tempo totale dall'inizio alla fine del rilievo	4 h 22'
Tempi morti evitabili	14'
Tempi morti inevitabili	31'
<i>Tempi morti totali</i>	<i>45'</i>
Tempo di carico del materiale	59'

Nella **seconda giornata** di rilievi, che concludeva le operazioni di manutenzione del viale, il cantiere era organizzato con 2 squadre di lavoro per la potatura, avendo a disposizione due camion con piattaforma aerea. In questo tratto di alberatura le due piattaforme hanno lavorato simultaneamente ai due lati della strada. Su ogni cestello era presente un solo operatore, tranne alcuni casi particolari. Analogamente alla giornata precedente, a terra un terzo operaio procedeva all'allestimento del materiale e alla pulizia della strada, mentre il quarto operaio procedeva all'avvicinamento dei mucchi con il Bobcat. Il camion Mercedes con cassone è stato caricato 2 volte, e ha fatto quindi 2 viaggi.

I tempi di lavoro sono stati rilevati dalle 8 alle 16,30.

In questo cantiere, per motivi pratici, il peso totale delle ramaglie ottenuto è stato diviso, ai fini del calcolo della produttività oraria a squadra, in due quantitativi uguali, visto che le due squadre, operando simultaneamente ma sui due lati opposti del viale, hanno potato all'incirca lo stesso numero di piante.



Foto 23 - Ultimo tratto di viale di leccio prima della potatura



Foto 24 - Operatori su cestello



Foto 25 - Piante di leccio potate e ramaglia ancora da concentrare

Attrezzatura usata:

Motoseghe (STIHL 020T)

Camion FIAT IVECO 124-17 con piattaforma aerea

Camion FIAT IVECO 150-17 con piattaforma aerea

Camion Mercedes 1828 con pinza Loglift e cassone con capacità di 28 m³

Bobcat Thomas Muscle con mini pala caricatrice

Rilievi effettuati:

Totale piante analizzate sul filare:	27
Piante su cui è stata effettuata la manutenzione:	24
Altezza media delle piante del filare	13 m
Diametro medio a 1,30 m delle piante del filare	35 cm
N° piante abbattute	nessuna
N° rami tagliati	220
Diametro medio dei rami tagliati	8 cm
Lunghezza massima dei rami tagliati	5 m

Peso totale della legna comprensiva di ramaglia ottenuta dalle 24 piante 21,9 t

Tempi di lavoro

Tempo totale dall'inizio alla fine del rilievo 7 h 34'

Tempi morti evitabili 36'

Tempi morti inevitabili 1 h 35'

Tempi morti totali 2 h 11'

Tempo di carico del materiale 1 h 42'

5.3.2 Dati di produttività dei cantieri osservati

La produttività oraria dei cantieri, tenendo conto sia della legna da ardere che delle ramaglie, risulta essere, nelle diverse fasi:

	Potatura e allestimento (t/h*squadra)	Carico legna da ardere e ramaglie (t/h*squadra)
1° cantiere	3,52	11,28
2° cantiere	2,08	12,88
<i>Valore medio</i>	<i>2,8</i>	<i>12,08</i>

Tab. 6 – Riepilogo dati produttività cantieri leccio

5.3.3 Note sulla metodologia di lavoro della ditta

Il tratto di viale su cui è stata effettuata la manutenzione (esclusivamente potatura) nella prima giornata, non presentava particolari problemi legati alla presenza di cablaggi aerei o infrastrutture potenzialmente danneggiabili dalla caduta dei rami. Inoltre il passaggio degli autoveicoli è stato categoricamente impedito,

oltre che dall'operatore addetto al cantiere, dalla Polizia municipale, cosa che ha facilitato il lavoro delle squadre.

La produttività delle operazioni di potatura e allestimento è stata quindi piuttosto alta. Anche il carico delle ramaglie è stato facilitato dall'utilizzo del bobcat, che aveva la strada libera per il concentramento in mucchi in prossimità del camion con la pinza.

Nel cantiere osservato al secondo rilievo, nel quale si operava con due piattaforme, la produttività totale per la potatura e l'allestimento è stata nel complesso più alta che nella giornata precedente.

Tuttavia la produttività per ogni squadra è risultata inferiore in quanto molti rami sono caduti o rimasti in bilico sul muro di recinzione del parco adiacente, per cui è stato necessario rallentare le operazioni di potatura.

Inoltre, non essendo presente la Polizia municipale nell'arco della mattinata, pur in presenza di adeguata segnaletica di divieto di transito, vi è stato un continuo passaggio di autoveicoli diretti al centro storico di Castel Gandolfo, per raggiungere il quale il viale in questione era l'unica via possibile.

Nel pomeriggio invece le attività di carico sono state piuttosto velocizzate e la produttività del carico è stata infatti più alta che nella giornata precedente.

5.3.4 Riepilogo dei dati significativi per la stima della biomassa ritraibile

Piante oggetto di manutenzione	35
Di cui	
- piante abbattute	0
- piante esclusivamente potate	35
Peso totale materiale asportato	33,0 t
Materiale asportato per pianta	
1° cantiere	1,01 t
2° cantiere	0,91
Valore medio di tutte le giornate	0,94

5.4 Cantiere di potatura su alberatura stradale di pino domestico a Roma (loc. Infernetto)

Il Viale di Castel Porziano, che rientra nel territorio del Comune di Roma ha una valenza storica in quanto collega la tenuta presidenziale di Castel Porziano al Municipio di Ostia, zona litoranea della Capitale. Il cantiere di potatura ha interessato il tratto che va da via Canale delle Lingua fino ad un ingresso secondario delle tenuta presidenziale, alla fine del viale.

Sul viale sono presenti 858 esemplari di pino domestico di altezza compresa fra i 12 e i 15 metri e diametro medio a 1,30 m di 60 cm.

Sono stati effettuati, limitatamente allo stretto necessario, 34 abbattimenti per motivi di sicurezza, ma visto l'interesse storico del viale, anche alcune piante inclinate sono state salvate e riequilibrate.



Foto 26 - Ramaglie di pino domestico accatastate ai bordi della strada

Ai lati della strada ci sono due canali di scolo utilizzati, durante i lavori, per accumulare la ramaglia che non si riusciva a portare via alla fine della giornata lavorativa.

Lungo la maggior parte del viale sono presenti abitazioni, negozi, scuole ed una casa di riposo, per cui si è dovuto ricorrere all'uso di

corde e tagli frazionati per evitare danni a case, muri di recinzione, giardini, linee elettriche e cavi telefonici.

Le operazioni sono state rallentate spesso dal continuo passaggio di persone e di automezzi, nonostante il traffico venisse deviato nelle vie parallele. Queste pause sono state computate nei tempi morti inevitabili, in quanto deve comunque essere garantito in questi casi il rientro a casa delle persone, il passaggio dei genitori nel tragitto verso le scuole e i veicoli per il trasporto delle merci nei supermercati.

L'orario di lavoro del cantiere si svolgeva dalle 7 alle 15, con un'ora di pausa per il pranzo.

Le squadre per la potatura erano tre, più una per la pulizia degli spazi usati per accumulare le ramaglie.

Per la potatura, le squadre erano composte da tre operai di cui

- due sul cestello, uno addetto alla potatura ed uno allo spostamento del cestello;
- uno addetto al rifornimento delle motoseghe a terra, alla sicurezza stradale, al depezzamento del materiale potato e allo sgombero della strada.

La squadra a terra, composta di due operai, si occupava della pulizia delle zone di accumulo: un operaio provvedeva a raccogliere e riunire in mucchi le ramaglie lasciate sparse dopo il primo passaggio del camion addetto al trasporto del materiale al piazzale di sminuzzatura. L'altro operaio effettuava la pulizia finale formando mucchi di materiale destinato alla discarica, che veniva caricato nell'ultimo passaggio effettuato dal camion di terzi. Alla fine della giornata tutti gli operai procedevano alla pulizia della strada con il bobcat, le pale e le scope, lasciando le strade perfettamente sgombrare tranne che del materiale che non si riusciva a portare via nell'arco della giornata.



Foto 27 - Concentramento delle ramaglie di pino domestico con bobcat



Foto 28 - Fase di carico delle ramaglie di pino domestico

5.4.1 I rilievi in campo

Sono stati prese in considerazione 4 giornate significative all'interno dello stesso cantiere.

In questo cantiere il volume e il peso del materiale asportato sono stati stimati secondo la seguente metodologia:

- con una rotella metrica e con un cavalletto dendrometrico sono stati misurati rispettivamente lunghezze e diametri dei rami abbattuti di un campione di piante. Questo ha permesso di calcolare il volume in m³ di ogni ramo;
- i volumi dei rami di una pianta sono stati sommati ottenendo il volume totale asportato per ogni esemplare;
- moltiplicando tale valore per il numero di piante potate dell'intera giornata di lavoro si è ottenuto il volume del materiale totale asportato. Tale volume è stato poi riportato in tonnellate (t) moltiplicandolo per il valore di massa volumica determinato in laboratorio (si veda paragrafo 6.3.2).

Con tale valore è stato possibile determinare la produttività del cantiere.

Nella **prima giornata** non ci sono stati grandi problemi in quanto non vi erano infrastrutture da preservare nelle vicinanze. Soltanto per due grosse branche sono state utilizzate le corde, mentre per altre è stato eseguito il taglio frazionato, per il quale quindi è stato necessario lo spostamento del cestello dall'estremità del ramo al fusto.

Attrezzatura usata:

Motoseghe (STIHL 020T)

Camion FIAT IVECO 124-17 con piattaforma aerea

Camion FIAT IVECO 150-17 con piattaforma aerea

Camion Mercedes 1828 con pinza Loglift e cassone con capacità di 28 m³

Bobcat Thomas Muscle con mini pala caricatrice

Rilievi effettuati:

Totale piante analizzate sul filare: 11

Piante su cui è stata effettuata la manutenzione: 7

Altezza media delle piante del filare	13 m
Diametro medio a 1,30 m delle piante del filare	48 cm
N° piante abbattute	nessuna
N° rami potati	11
Diametro medio rami	12 cm
Peso totale della legna comprensiva di ramaglia ottenuta dalle 9 piante	8,9 t

Tempi di lavoro

Tempo totale dall'inizio alla fine del rilievo	7 h 28'
Tempi morti evitabili	11'
Tempi morti inevitabili	1 h 40'
<i>Tempi morti totali</i>	<i>1 h 51'</i>
Tempo di carico del materiale	2 h 28'

Nella **seconda giornata** in molti casi è stata utilizzata la corda per far scendere le grosse branche potate, e i tempi morti evitabili sono aumentati a causa di mancato coordinamento tra gli operatori sul cestello e quello a terra.

Attrezzatura usata:

Motoseghe (STIHL 020T)

Camion FIAT IVECO 124-17 con piattaforma aerea

Camion FIAT IVECO 150-17 con piattaforma aerea

Camion Mercedes 1828 con pinza Loglift e cassone con capacità di 28 m³

Bobcat Thomas Muscle con mini pala caricatrice

Rilievi effettuati:

Totale piante analizzate sul filare:	11
Piante su cui è stata effettuata la manutenzione:	10

Altezza media delle piante del filare	12 m
Diametro medio a 1,30 m delle piante del filare	62 cm
N° piante abbattute	nessuna
N° rami potati	24
Diametro medio rami	10 cm
Peso totale della legna comprensiva di ramaglia ottenuta dalle 11 piante	12,8 t

Tempi di lavoro

Tempo totale dall'inizio alla fine del rilievo	9 h 16'
Tempi morti evitabili	29'
Tempi morti inevitabili	1 h 23'
<i>Tempi morti totali</i>	<i>1 h 52'</i>
Tempo di carico del materiale	2 h 47'

Nella **terza giornata** non ci sono stati problemi legati alla presenza di infrastrutture, ma vi è stata un'elevata percentuale di tempi morti evitabili.

Attrezzatura usata:

Motoseghe (STIHL 020T, STIHL 026)

Camion FIAT IVECO 124-17 con piattaforma aerea

Camion FIAT IVECO 150-17 con piattaforma aerea

Camion Mercedes 1828 con pinza Loglift e cassone con capacità di 28 m³

Bobcat Thomas Muscle con mini pala caricatrice

Rilievi effettuati:

Totale piante analizzate sul filare:	11
Piante su cui è stata effettuata la manutenzione:	11

Altezza media delle piante del filare	15 m
Diametro medio a 1,30 m delle piante del filare	51 cm
N° piante abbattute	nessuna
N° rami potati	18
Diametro medio rami	12 cm
Peso totale della legna comprensiva di ramaglia ottenuta dalle 11 piante	14,1 t

Tempi di lavoro

Tempo totale dall'inizio alla fine del rilievo	6 h 08'
Tempi morti evitabili	1 h 05'
Tempi morti inevitabili	1 h 16'
<i>Tempi morti totali</i>	<i>2 h 01'</i>
Tempo di carico del materiale	2 h 31'

La **quarta giornata** è stata quella con produttività maggiore, in quanto non essendoci infrastrutture si è arrivati a potare 12 piante, nonostante un'alta percentuale di tempi morti evitabili.

Attrezzatura usata:

Motoseghe (STIHL 020T, STIHL 026)

Camion FIAT IVECO 124-17 con piattaforma aerea

Camion FIAT IVECO 150-17 con piattaforma aerea

Camion Mercedes 1828 con pinza Loglift e cassone con capacità di 28 m³

Bobcat Thomas Muscle con mini pala caricatrice

Rilievi effettuati:

Totale piante analizzate sul filare:	15
Piante su cui è stata effettuata la manutenzione:	12
Altezza media delle piante del filare	13 m
Diametro medio a 1,30 m delle piante del filare	65 cm
N° piante abbattute	nessuna
N° rami potati	29
Diametro medio rami	11 cm
Peso totale della legna comprensiva di ramaglia ottenuta dalle 12 piante	19.2 t

Tempi di lavoro

Tempo totale dall'inizio alla fine del rilievo	7 h 21'
Tempi morti evitabili	26'
Tempi morti inevitabili	1 h 20'
<i>Tempi morti totali</i>	<i>1 h 46'</i>
Tempo di carico del materiale	3 h 05'

5.4.2 Dati di produttività dei cantieri osservati

La produttività oraria dei cantieri, tenendo conto sia della legna da ardere che delle ramaglie, risulta essere, nelle diverse fasi:

	Potatura e allestimento (t/h*squadra)	Carico legna da ardere e ramaglie (t/h*squadra)
1° cantiere	1,22	3,61
2° cantiere	1,46	4,60
3° cantiere	2,79	5,60
4° cantiere	2,78	6,23
Valore medio	2,06	5,01

Tab. 7 – Riepilogo dati produttività cantieri pino domestico

5.4.3 Note sulla metodologia di lavoro della ditta

All'inizio della giornata lavorativa, i camion venivano sistemati al centro del viale, ad una distanza fra loro tale da avere circa 10 piante da potare per ogni squadra. Una delle tre squadre aveva a disposizione un camion con braccio idraulico più lungo, cosa che permetteva di raggiungere più piante con un solo posizionamento del camion, e quindi di effettuare un minor numero di spostamenti ed avere un tempo di potatura effettivo più lungo. Il potatore, prima di effettuare la salita con il cestello, inquadrava dal basso i rami da asportare; i primi ad essere eliminati durante la salita del cestello erano quelli secchi, bassi e quelli che intralciavano i movimenti del braccio.

La potatura di contenimento e riequilibratura ha consentito l'eliminazione di grosse branche, branche malate, secche o che tendevano a squilibrare la pianta.

Il taglio di grossi rami veniva effettuato in modo diverso a seconda delle dimensioni e del luogo dove il ramo andava a cadere:

- taglio frazionato in tronchetti piccoli, quando l'area d'insidenza era interessata da infrastrutture;
- taglio intero di grosse branche calate con l'ausilio di corde quando il cantiere si trovava nei pressi di abitazioni, muri di cinta, giardini privati;

- taglio intero di grosse branche con caduta libera, quando nell'area di incidenza c'erano campi o semplici spazi aperti liberi da infrastrutture.

La pulizia degli imposti avveniva in tre fasi. Inizialmente si provvedeva a portare via i grossi cumuli di ramaglia; poi l'operatore a terra provvedeva a raccogliere le ramaglie sparse lasciate dal precedente carico e formava dei mucchi che venivano caricati successivamente con un secondo passaggio.

5.4.4 Riepilogo dei dati significativi per la stima della biomassa ritraibile

Piante oggetto di manutenzione	43
Di cui	
- piante abbattute	0
- piante esclusivamente potate	43
Peso totale materiale asportato	55,0 t
Materiale asportato per pianta	
1° cantiere	0,99 t
2° cantiere	1,16 t
3° cantiere	1,28 t
4° cantiere	1,61 t
Valore medio di tutte le giornate	1,28 t

6 Analisi dei campioni: confronto tra le specie prelevate

6.1 Premessa

Le principali caratteristiche tecnologiche da considerare per l'impiego del legno a fini energetici sono, in ordine di importanza:

- la specie legnosa, da cui dipendono le caratteristiche della materia prima, quali la massa volumica, il potere calorifico e la presenza di estrattivi antiossidanti, resine, ecc;
- l'umidità del materiale;
- le dimensioni delle particelle, nel caso in cui l'impianto da approvvigionare sia alimentato a scaglie di legno.

Per definire la massa volumica del legno è necessario prima identificare ciò che si intende per volume e per peso.

Tipicamente per il legno ad uso energetico la determinazione del volume deve tenere conto della forma dei pezzi e del modo in cui sono accatastati, fattori questi che modificano il rapporto volume "pieno" e volume "vuoto", ovvero il volume apparente.

Per metro cubo (m^3) si intende il volume interamente occupato da legno, e questa unità è comunemente adottata per il legname da lavoro.

Il metro stero (m_{st}) considera gli spazi vuoti presenti, ed è la misura che deve essere utilizzata per il materiale legnoso ad uso energetico (legna da ardere, ramaglie, scaglie); si distingue il *metro stero alla rinfusa* (m_{str}) per il legno sminuzzato e *metro stero accatastato* (m_{sta}) per la legna in pezzi.

Nelle misure ponderali del legno, che sono generalmente espresse in tonnellate (t) o chilogrammi (kg), deve essere sempre indicata l'umidità riferita allo stato fresco.

Nella successiva tabella sono riportate le unità di misura di volume e peso riferiti ai diversi assortimenti.

	Unità di misura				
	<i>tonnellata</i>	<i>chilogrammo</i>	<i>metro cubo</i>	<i>metro stero alla rinfusa</i>	<i>metro stero accatastato</i>
Simbolo	t	kg	m ³	m _{st} r	m _{st} a
Tipo di combustibile legnoso	<i>Legna da ardere</i>		<i>Legname da opera</i>	<i>Legna da ardere</i>	<i>Legna da ardere</i>
	<i>Scaglie</i>			<i>Scaglie</i>	
	<i>Briquettes</i>			<i>Pellets</i>	
	<i>Pellets</i>				

Tab. 8 – Assortimenti legnosi e loro unità di misura

Con le analisi svolte in laboratorio si è voluto verificare la differenza dei valori di massa volumica, umidità e percentuale di corteccia fra i campioni delle sezioni del fusto, dei rami e dei rami fini, per le due specie considerate.

Per le scaglie è stato fatto invece un lavoro che prevedeva la misurazione delle dimensioni di esse e dell'umidità contenuta.

6.2 Misurazioni e valori ottenuti dalle rotelle

6.2.1 Massa volumica

La **massa volumica** esprime il rapporto tra massa e volume di un “pezzo” di legno ad un determinato valore di umidità.

Si esprime in kg/m^3 o in g/cm^3 .

La massa volumica varia in funzione della specie legnosa e dell'umidità del legno. All'interno della stessa specie varia inoltre in funzione delle condizioni di accrescimento (pedoclima e selvicoltura applicata). Nello stesso fusto varia anche in base all'altezza da terra e alla distanza dal midollo.

In prima approssimazione si possono considerare le variazioni di massa volumica in funzione della specie legnosa e dell'umidità, come riportato in letteratura (G.Giordano,1955; Manuale dell'agronomo, REDA). Si riportano nelle successive tabelle i valori riferiti alle tre specie considerate.

	Massa volumica stato fresco (kg/m^3)	Massa volumica stato anidro (kg/m^3)
<i>Eucalyptus</i> spp.	1.100	650
<i>Quercus ilex</i>	1.100	830
<i>Pinus pinea</i>	850	520

Tab. 9 - Valori di massa volumica delle tre specie esaminate riscontrati in letteratura (fonte: G.Giordano, 1955)

	Massa volumica stato fresco (kg/m^3)	Massa volumica stato anidro (kg/m^3)
<i>Eucalyptus</i> spp.	900 -1.200	550 - 880
<i>Quercus ilex</i>	1.050- 1.300	750 – 1.200
<i>Pinus pinea</i>	550 – 1.050	400 - 650

Tab. 10 -Valori di massa volumica delle tre specie esaminate riscontrati in letteratura (fonte: Manuale dell'agronomo)

Il primo parametro misurato, anche per via della instabilità dei campioni che tendevano a perdere naturalmente umidità, è stato il peso allo stato fresco, ottenuto con una bilancia di precisione.

Di seguito si riportano le tabelle relative alle rotelle di eucalipto e leccio. La percentuale di corteccia è stata calcolata sul peso.

Campione	Diametro medio con corteccia (cm)	Peso fresco con corteccia (kg)	Peso fresco della corteccia (kg)	Peso fresco senza corteccia (kg)	% corteccia sul fresco
1	25,7	3,25	0,488	2,763	15,0
2	28	2,7	0,417	2,283	15,5
3	14,1	0,8	0,129	0,671	16,1
4	9,2	0,4	0,063	0,337	15,8
5	10,3	0,45	0,069	0,381	15,4
6	6,1	0,2	0,030	0,170	15,2
7	6,6	0,15	0,022	0,128	14,7
8	6,5	0,2	0,030	0,170	14,9
9	9,5	0,45	0,074	0,376	16,4
10	6,6	0,2	0,035	0,165	17,7
11	18,3	0,713	0,106	0,607	14,9
12	11,9	0,488	0,079	0,409	16,2
13	9,2	0,284	0,059	0,225	20,8
14	13,3	0,712	0,119	0,593	16,7
15	3,1	0,033	0,006	0,027	18,2
16	5,3	0,097	0,018	0,079	18,6
17	19,4	1,255	0,167	1,088	13,3
18	12,6	0,523	0,080	0,443	15,3
19	33,2	2,857	0,285	2,572	10,0
20	37	4,576	0,484	4,092	10,6
21	20,6	2,032	0,300	1,732	14,8
22	22	2,094	0,252	1,842	12,0
23	17	1,032	0,127	0,905	12,3
24	10,1	0,335	0,052	0,283	15,5
25	7,6	0,227	0,045	0,182	19,8
Valore medio					15,4

Tab. 11- Eucalipto -Peso delle rotelle allo stato fresco e percentuale di corteccia

Campione	Diametro medio con corteccia (cm)	Peso fresco con corteccia (kg)	Peso fresco della corteccia (kg)	Peso fresco senza corteccia (kg)	% corteccia sul fresco
1	14,9	0,855	0,122	0,733	14,3
2	10,1	0,3	0,057	0,243	19,0
3	10,3	0,442	0,072	0,370	16,3
4	15,5	1,531	0,212	1,319	13,8
5	15,1	1,491	0,188	1,303	12,6
6	17	1,315	0,128	1,187	9,7
7	14,5	1,417	0,204	1,213	14,4
8	14,1	0,751	0,087	0,664	11,6
9	10,5	0,433	0,068	0,365	15,7
10	10,7	0,43	0,071	0,359	16,5
11	12,5	0,404	0,073	0,331	18,1
12	10,2	0,438	0,074	0,364	16,9
13	6,2	0,155	0,031	0,124	20,0
14	6	0,218	0,046	0,172	21,1
15	5,9	0,109	0,021	0,088	19,3
16	5,9	0,223	0,047	0,176	21,1
17	6	0,103	0,023	0,080	22,3
18	6	0,108	0,021	0,087	19,4
19	6,2	0,123	0,025	0,098	20,3
20	5,8	0,126	0,023	0,103	18,3
21	5,8	0,141	0,031	0,110	22,0
22	5,9	0,105	0,021	0,084	20,0
23	6	0,091	0,019	0,072	20,9
24	6,2	0,124	0,024	0,100	19,4
Valore medio	9,471	0,476375	0,070	0,406	17,6

Tab. 12- Leccio - Peso delle rotelle allo stato fresco e percentuale di corteccia

Subito dopo è stato calcolato il volume dei campioni allo stato fresco. Esso è stato calcolato geometricamente a partire dal diametro e dallo spessore delle rotelle allo stato fresco e successivamente è stato messo a confronto con il volume della rotella senza corteccia per ottenere, per differenza, il volume della corteccia, utile per calcolare poi il valore di massa volumica della corteccia; vista la forma piuttosto regolare delle rotelle, esse sono state assimilate, per il calcolo del volume, ad un cilindro, utilizzando la formula:

$$V_{\text{rotella}} = \pi \left(\frac{\mathbf{D}}{2}\right)^2 \cdot \mathbf{h}$$

dove **D** è il valore medio del diametro della rotella

e **h** il valore medio dello spessore della rotella, misurati con calibro di precisione

I valori sono riportati nelle tabelle 13 e 14. Per facilitare i calcoli i valori sono stati espressi in m³.

Campione	Diametro medio con corteccia (cm)	Diametro medio senza corteccia (cm)	Spessore rotella (cm)	Volume con corteccia (m ³)	Volume senza corteccia (m ³)	Volume corteccia (m ³)
1	25,7	23	4,5	0,002333	0,001869	0,000464
2	28	26,7	3,1	0,001908	0,001735	0,000173
3	14,1	13,3	4	0,000624	0,000555	0,000069
4	9,2	8,6	4,2	0,000279	0,000244	0,000035
5	10,3	8,9	3,7	0,000308	0,000230	0,000078
6	6,1	5,3	4,5	0,000131	0,000099	0,000032
7	6,6	5,9	4	0,000137	0,000109	0,000027
8	6,5	6	4,7	0,000156	0,000133	0,000023
9	9,5	9	4,7	0,000333	0,000299	0,000034
10	6,6	5,8	4,5	0,000154	0,000119	0,000035
11	18,3	16,7	2,4	0,000631	0,000525	0,000106
12	11,9	10,7	3,6	0,000400	0,000324	0,000077
13	9,2	8,2	3,9	0,000259	0,000206	0,000053
14	13,3	12,4	4,9	0,000680	0,000591	0,000089
15	3,1	2,7	4	0,000030	0,000023	0,000007
16	5,3	4,8	4	0,000088	0,000072	0,000016
17	19,4	18	3,4	0,001005	0,000865	0,000140
18	12,6	11,6	3,4	0,000424	0,000359	0,000065
19	33,2	31,2	3,1	0,002682	0,002369	0,000313
20	37	35,1	4,1	0,004406	0,003965	0,000441
21	20,6	18,5	5,6	0,001865	0,001505	0,000361
22	22	20	4,4	0,001672	0,001382	0,000290
23	17	16	4,1	0,000930	0,000824	0,000106
24	10,1	9,2	3,8	0,000304	0,000252	0,000052
25	7,6	6,8	4,1	0,000186	0,000149	0,000037

Tab.13 –Eucalipto - Volumi delle rotelle

Campione	Diametro medio con corteccia (cm)	Diametro medio senza corteccia (cm)	Spessore rotella (cm)	Volume con corteccia (m ³)	Volume senza corteccia (m ³)
1	14,9	13,5	4,5	0,000784	0,000644
2	10,1	9,1	3,2	0,000256	0,000208
3	10,3	9	5,1	0,000425	0,000324
4	15,5	13,6	7,7	0,001452	0,001118
5	15,1	13,7	7,8	0,001396	0,001149
6	17	15,3	6	0,001361	0,001103
7	14,5	13,4	6,5	0,001073	0,000916
8	14,1	12,4	4,8	0,000749	0,000579
9	10,5	9,4	4,6	0,000398	0,000319
10	10,7	9,5	4,4	0,000395	0,000312
11	12,5	11,2	3,6	0,000442	0,000354
12	10,2	9,3	4,2	0,000343	0,000285
13	6,2	5,5	4,4	0,000133	0,000104
14	6	5,5	5,7	0,000161	0,000135
15	5,9	5,2	4	0,000109	0,000085
16	5,9	5,4	7	0,000191	0,000160
17	6	5,3	3,2	0,000090	0,000071
18	6	5,4	3,3	0,000093	0,000076
19	6,2	5,5	3,6	0,000109	0,000085
20	5,8	5,4	4,1	0,000108	0,000094
21	5,8	5,3	4,5	0,000119	0,000099
22	5,9	5,4	2,8	0,000077	0,000064
23	6	5,5	2,7	0,000076	0,000064
24	6,2	5,6	3,6	0,000109	0,000089

Tab. 14 –Leccio - Volumi delle rotelle

I valori di peso ottenuti dopo l'essiccazione in stufa sono riportati nelle successive tabelle.

Campione	Diametro medio con corteccia (cm)	Peso secco senza corteccia (kg)	Peso secco corteccia (kg)
1	25,7	1,523	0,18
2	28	1,186	0,136
3	14,1	0,397	0,044
4	9,2	0,126	0,032
5	10,3	0,179	0,03
6	6,1	0,082	0,011
7	6,6	0,071	0,015
8	6,5	0,076	0,019
9	9,5	0,168	0,03
10	6,6	0,074	0,016
11	18,3	0,302	0,037
12	11,9	0,212	0,027
13	9,2	0,101	0,021
14	13,3	0,312	0,045
15	3,1	0,014	0,003
16	5,3	0,039	0,006
17	19,4	0,576	0,055
18	12,6	0,214	0,027
19	33,2	1,395	0,091
20	37	2,199	0,164
21	20,6	0,96	0,111
22	22	1,053	0,09
23	17	0,489	0,044
24	10,1	0,153	0,018
25	7,6	0,103	0,016

Tab 15- Eucalipto: Peso delle rotelle e delle cortecce allo stato anidro

Campione	Diametro medio con corteccia (cm)	Peso secco senza corteccia (kg)	Peso secco corteccia (kg)
1	14,9	0,465	0,086
2	10,1	0,153	0,043
3	10,3	0,231	0,053
4	15,5	0,885	0,149
5	15,1	0,875	0,133
6	17	0,792	0,097
7	14,5	0,784	0,144
8	14,1	0,43	0,065
9	10,5	0,229	0,05
10	10,7	0,227	0,053
11	12,5	0,207	0,055
12	10,2	0,229	0,055
13	6,2	0,077	0,017
14	6	0,11	0,028
15	5,9	0,055	0,014
16	5,9	0,11	0,033
17	6	0,051	0,012
18	6	0,053	0,013
19	6,2	0,061	0,014
20	5,8	0,061	0,015
21	5,8	0,069	0,019
22	5,9	0,052	0,012
23	6	0,045	0,011
24	6,2	0,061	0,014

Tab. 16- Leccio- Peso delle rotelle e delle cortecce allo stato anidro

Mettendo a confronto i valori misurati di peso e volume allo stato fresco e peso e volume allo stato anidro, sono stati ricavati, rispettivamente, i valori di massa volumica allo stato fresco e allo stato anidro. I valori sono stati riportati nelle tabelle 17 e 18 dove, per facilitare la lettura, le righe sono state ordinate non in base al numero di riconoscimento del campione ma in base al diametro crescente.

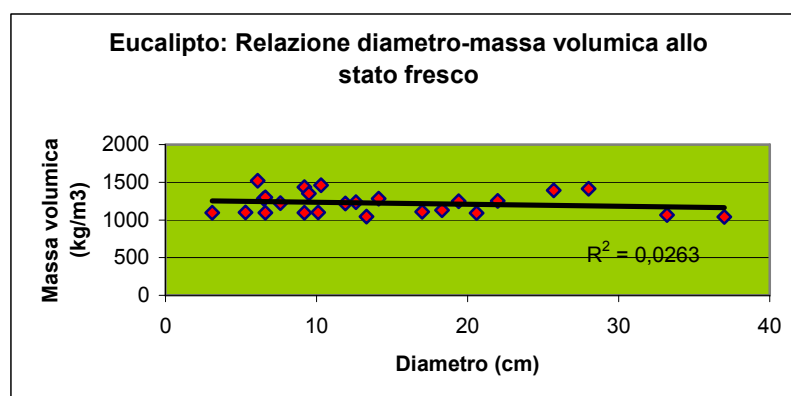
Campione	Parte della pianta	Diametro medio con corteccia (cm)	Peso fresco con corteccia (kg)	Massa volumica allo stato fresco (kg/m ³)	Peso secco con corteccia (kg)
15	Ramo	3,1	0,033	1094	0,017
16	Ramo	5,3	0,097	1100	0,045
6	Ramo	6,1	0,2	1522	0,093
8	Ramo	6,5	0,2	1283	0,095
7	Ramo	6,6	0,15	1097	0,086
10	Ramo	6,6	0,2	1300	0,09
25	Ramo	7,6	0,227	1221	0,119
4	Ramo	9,2	0,4	1433	0,158
13	Ramo	9,2	0,284	1096	0,122
9	Ramo	9,5	0,45	1351	0,198
24	Ramo	10,1	0,335	1101	0,171
5	Ramo	10,3	0,45	1460	0,209
12	Ramo	11,9	0,488	1219	0,239
18	Ramo	12,6	0,523	1234	0,241
14	Ramo	13,3	0,712	1046	0,357
3	Ramo	14,1	0,8	1282	0,441
23	Fusto	17	1,032	1110	0,533
11	Fusto	18,3	0,713	1130	0,339
17	Fusto	19,4	1,255	1249	0,631
21	Fusto	20,6	2,032	1089	1,071
22	Fusto	22	2,094	1253	1,143
1	Fusto	25,7	3,25	1393	1,703
2	Fusto	28	2,7	1415	1,322
19	Fusto	33,2	2,857	1065	1,486
20	Fusto	37	4,576	1039	2,363
Valore medio				1223	

Tab 17- Eucalipto- Valori di massa volumica allo stato fresco e allo stato anidro

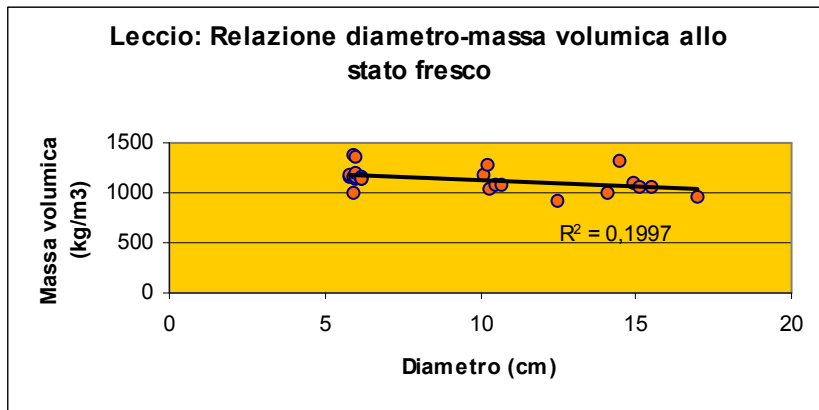
Campione	Parte della pianta	Diametro medio con corteccia (cm)	Peso fresco con corteccia (kg)	Massa volumica allo stato fresco (kg/m ³)	Peso secco con corteccia (kg)
20	Ramo	5,8	0,126	1164	0,076
21	Ramo	5,8	0,141	1187	0,088
15	Ramo	5,9	0,109	997	0,069
16	Ramo	5,9	0,223	1166	0,143
22	Ramo	5,9	0,105	1372	0,064
14	Ramo	6	0,218	1353	0,138
17	Ramo	6	0,103	1139	0,063
18	Ramo	6	0,108	1158	0,066
23	Ramo	6	0,091	1193	0,056
13	Ramo	6,2	0,155	1167	0,094
19	Ramo	6,2	0,123	1132	0,075
24	Ramo	6,2	0,124	1141	0,075
2	Ramo	10,1	0,3	1171	0,196
12	Ramo	10,2	0,438	1277	0,284
3	Ramo	10,3	0,442	1041	0,284
9	Ramo	10,5	0,433	1088	0,279
10	Ramo	10,7	0,43	1087	0,28
11	Ramo	12,5	0,404	915	0,262
8	Ramo	14,1	0,751	1003	0,495
7	Ramo	14,5	1,417	1321	0,928
1	Ramo	14,9	0,855	1090	0,551
5	Ramo	15,1	1,491	1068	1,008
4	Ramo	15,5	1,531	1054	1,034
6	Ramo	17	1,315	966	0,889
Valore medio		9,5	0,5	1135,4	0,3

Tab 18- Leccio- Valori di massa volumica allo stato fresco e allo stato anidro

Si può notare come la massa volumica allo stato fresco non cambi sostanzialmente alle diverse altezze della pianta o a diverse sezioni del ramo dal fusto, mantenendosi per l'eucalipto su un valore medio pari a 1.223 kg/m³, e per il leccio su un valore medio di 1.135 kg/m³.

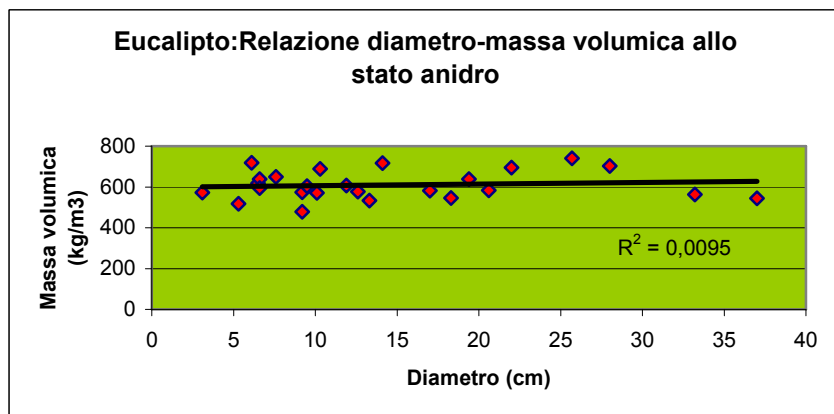


Graf. 7 – Relazione diametro-massa volumica stato fresco per l'eucalipto

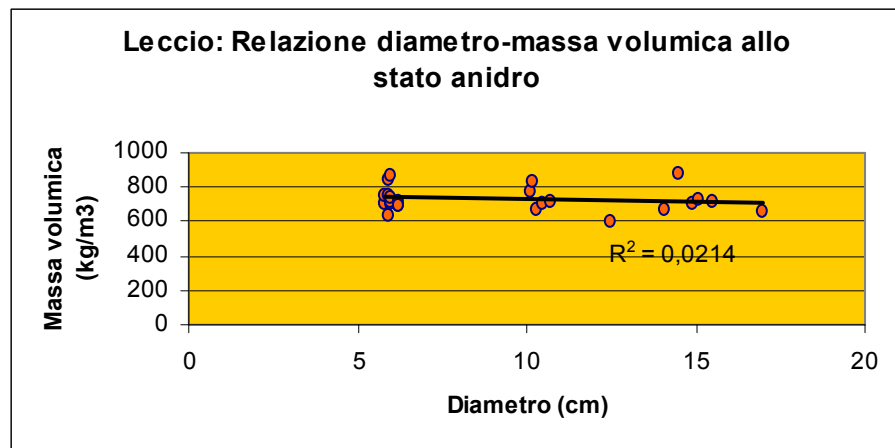


Graf. 8 – Relazione diametro-massa volumica stato fresco per il leccio

Stessa considerazione vale anche per la massa volumica allo stato anidro, che presenta un valore medio di 610 kg/m³ per l'eucalipto e 732 kg/m³ per il leccio.



Graf. 9 – Relazione diametro-massa volumica stato anidro per l'eucalipto



Graf. 10 – Relazione diametro-massa volumica stato anidro per il leccio

6.2.2 Rapporto umidità-pianta

Il legno, per la sua struttura e architettura chimico-istologica, presenta una doppia porosità: la macroporosità, costituita dalle cavità dei vasi conduttori e dalle cellule parenchimatiche e la microporosità della sostanza legnosa vera e propria: cellulosa, emicellulosa e lignina. La biomassa legnosa non si trova normalmente allo stato anidro, ma ha un contenuto di umidità variabile, che diminuisce nel tempo dal momento in cui la pianta viene abbattuta.

L'umidità del legno è espressa in termini percentuali secondo due parametri (G.Giordano):

- Umidità del legno allo stato anidro, u (%)

Esprime la massa di acqua presente in rapporto alla massa del legno anidro

$$u = \frac{M_u - M_a}{M_a} \times 100$$

M_a

- Umidità del legno allo stato fresco, w (%)

Esprime la massa di acqua presente in rapporto alla massa di legno fresco

$$w = \frac{M_u - M_a}{M_u} \times 100$$

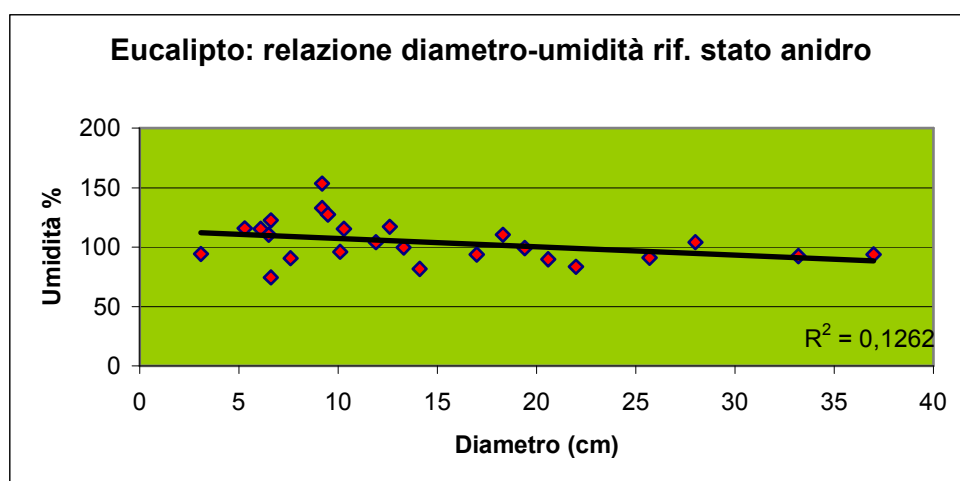
M_u

Il p.c.i. del legno diminuisce all'aumentare della sua umidità, non solo perché diminuisce la quantità di sostanza secca effettivamente presente nell'unità di peso considerata, ma anche perché una parte dell'energia liberata nel processo di combustione viene assorbita dall'evaporazione dell'acqua e quindi si rende indisponibile per l'uso termico desiderato.

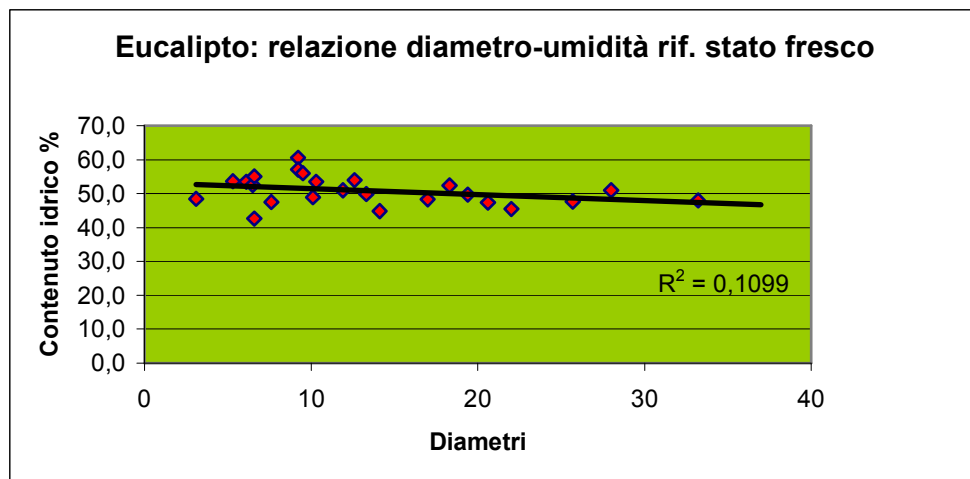
I valori calcolati di umidità allo stato anidro e fresco sono riportati nelle tabelle 19 e 20; anche in questo caso i valori sono riportati secondo il diametro crescente per facilitare la lettura dei successivi grafici.

Campione	Parte della pianta	Diametro medio con corteccia (cm)	Umidità rif. stato anidro (%)	Umidità rif. stato fresco (%)	Umidità rif. stato anidro corteccia (%)
15	Ramo	3,1	94,1	48,5	100,0
16	Ramo	5,3	115,6	53,6	200,0
6	Ramo	6,1	115,1	53,5	176,4
8	Ramo	6,5	110,5	52,5	56,8
7	Ramo	6,6	74,4	42,7	47,0
10	Ramo	6,6	122,2	55,0	121,3
25	Ramo	7,6	90,8	47,6	181,3
4	Ramo	9,2	153,2	60,5	97,5
13	Ramo	9,2	132,8	57,0	181,0
9	Ramo	9,5	127,3	56,0	146,0
24	Ramo	10,1	95,9	49,0	188,9
5	Ramo	10,3	115,3	53,6	131,0
12	Ramo	11,9	104,2	51,0	192,6
18	Ramo	12,6	117,0	53,9	196,3
14	Ramo	13,3	99,4	49,9	164,4
3	Ramo	14,1	81,4	44,9	192,7
23	Fusto	17	93,6	48,4	188,6
11	Fusto	18,3	110,3	52,5	186,5
17	Fusto	19,4	98,9	49,7	203,6
21	Fusto	20,6	89,7	47,3	170,3
22	Fusto	22	83,2	45,4	180,0
1	Fusto	25,7	90,8	47,6	170,8
2	Fusto	28	104,2	51,0	206,7
19	Fusto	33,2	92,3	48,0	213,2
20	Fusto	37	93,7	48,4	195,1
Valore medio		14,528	104,2	50,7	163,5

Tab. 19- Eucalipto – Valori di umidità delle rotelle e della relativa corteccia



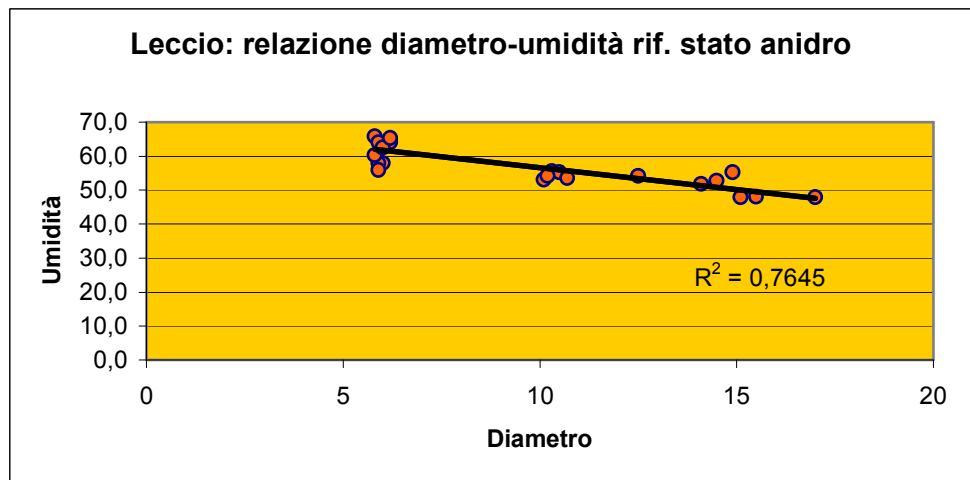
Graf. 11 – Relazione diametro umidità stato anidro per l'eucalipto



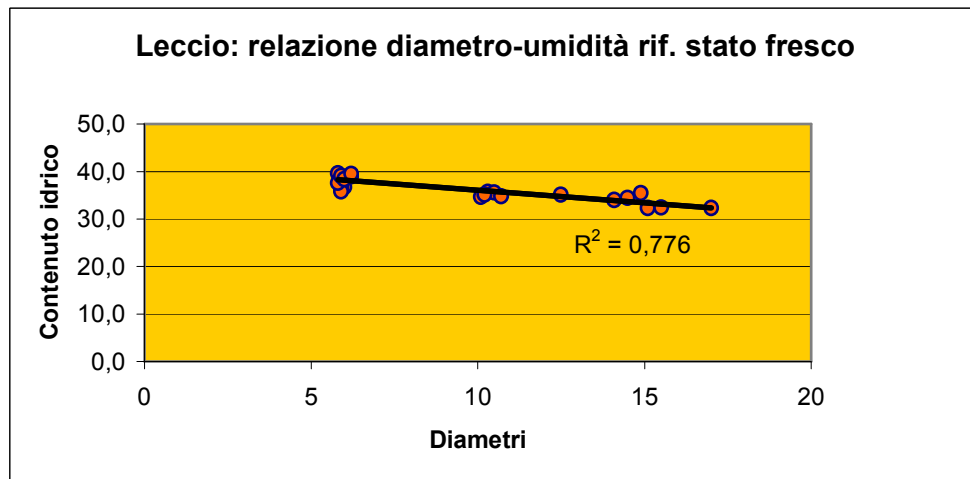
Graf. 12 – Relazione diametro umidità stato fresco per l'eucalipto

Campione	Parte della pianta	Diametro medio con corteccia (cm)	Umidità rif. stato anidro (%)	Umidità rif. stato fresco (%)	Umidità rif. stato anidro corteccia (%)
20	Ramo	5,8	65,8	39,7	53,3
21	Ramo	5,8	60,2	37,6	63,2
15	Ramo	5,9	58,0	36,7	50,0
16	Ramo	5,9	55,9	35,9	42,4
22	Ramo	5,9	64,1	39,0	75,0
14	Ramo	6	58,0	36,7	64,3
17	Ramo	6	63,5	38,8	91,7
18	Ramo	6	63,6	38,9	61,5
23	Ramo	6	62,5	38,5	72,7
13	Ramo	6,2	64,9	39,4	82,4
19	Ramo	6,2	64,0	39,0	78,6
24	Ramo	6,2	65,3	39,5	71,4
2	Ramo	10,1	53,1	34,7	32,6
12	Ramo	10,2	54,2	35,2	34,5
3	Ramo	10,3	55,6	35,7	35,8
9	Ramo	10,5	55,2	35,6	36,0
10	Ramo	10,7	53,6	34,9	34,0
11	Ramo	12,5	54,2	35,1	32,7
8	Ramo	14,1	51,7	34,1	33,8
7	Ramo	14,5	52,7	34,5	41,7
1	Ramo	14,9	55,2	35,6	41,9
5	Ramo	15,1	47,9	32,4	41,4
4	Ramo	15,5	48,1	32,5	42,3
6	Ramo	17	47,9	32,4	32,0
Valore medio		9,471	57,3	36,3	51,9

Tab. 20- Leccio – Valori di umidità delle rotelle e della relativa corteccia



Graf. 13 – Relazione diametro umidità stato anidro per il leccio



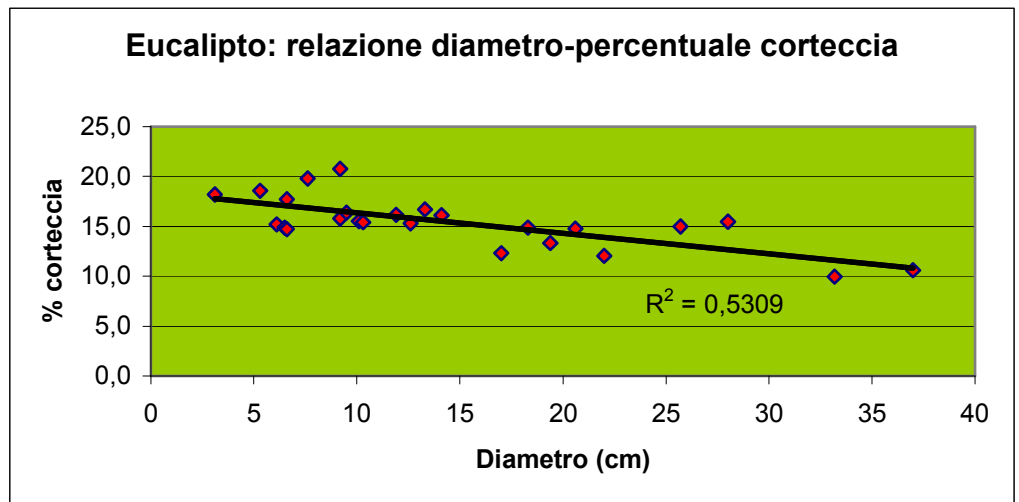
Graf. 14 – Relazione diametro umidità stato fresco per il leccio

L'umidità allo stato anidro tende quindi a decrescere lungo il fusto con l'aumentare del diametro, come anche quella allo stato fresco, anche se in maniera meno evidente.

6.2.3 Rapporto diametro-corteccia

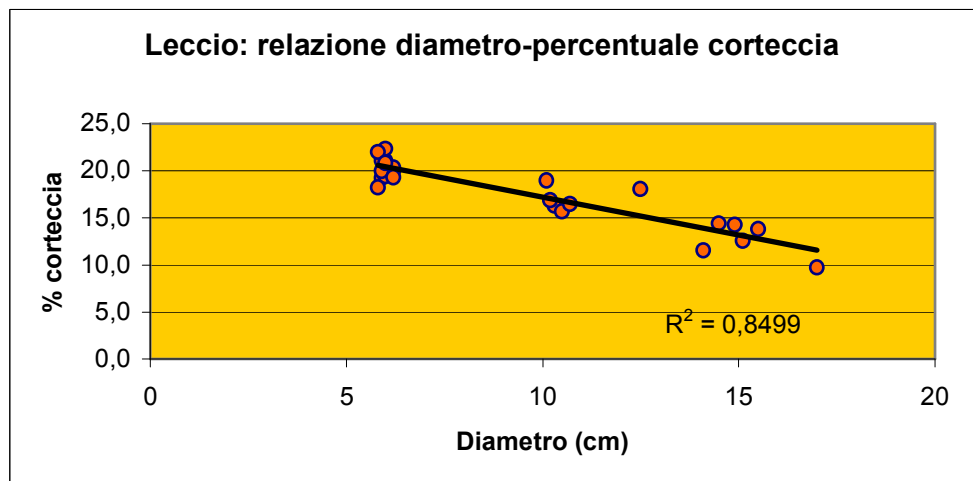
La relazione tra diametro della pianta e percentuale di corteccia, calcolata sulla base del peso, appare evidente dai grafici successivi,

nei quali si nota come la percentuale di corteccia diminuisce all'aumentare del diametro (tabelle 11 e 12 di peso):



Graf. 15 – Relazione diametro percentuale corteccia per l'eucalipto

Il valore medio riscontrato per l'eucalipto rientra comunque nei parametri accertati in letteratura (Ferrari G.,1991), che riportano valori da un minimo di 10,8% per *Eucaliptus occidentalis* e valori massimi di 26,3 % per *Eucaliptus camaldulensis*.



Graf. 16 – Relazione diametro percentuale corteccia per il leccio

6.3 Misurazioni e valori ottenuti per le ramaglie

Anche in questo caso tutti i campioni, dopo essere stati suddivisi per tipologie, sono stati pesati allo stato fresco e successivamente preparati per l'inserimento in stufa, dove hanno subito il trattamento per 48+6 ore (metodo della doppia pesata) per raggiungere lo stato anidro. Il volume dei rami e dei ramoscelli è stato determinato con lo xilometro.

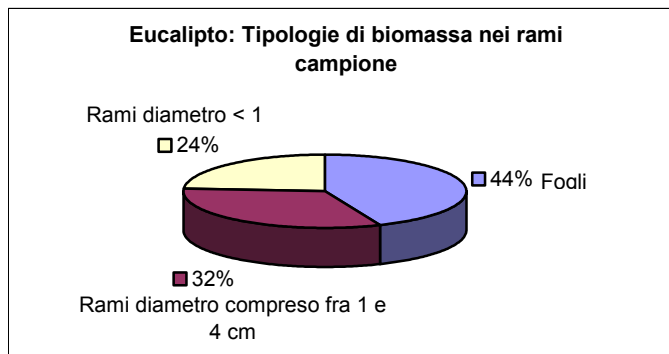
Per l'eucalipto ed il leccio l'analisi dei campioni era finalizzata ad ottenere, oltre che la suddivisione delle diverse tipologie di biomassa all'interno del materiale campione, anche i valori di massa volumica, di umidità e di contenuto idrico.

L'analisi effettuata sui campioni di ramaglia di pino domestico era invece finalizzata alla stima del materiale di risulta asportato per pianta, e quindi riferibile a tutto il cantiere.

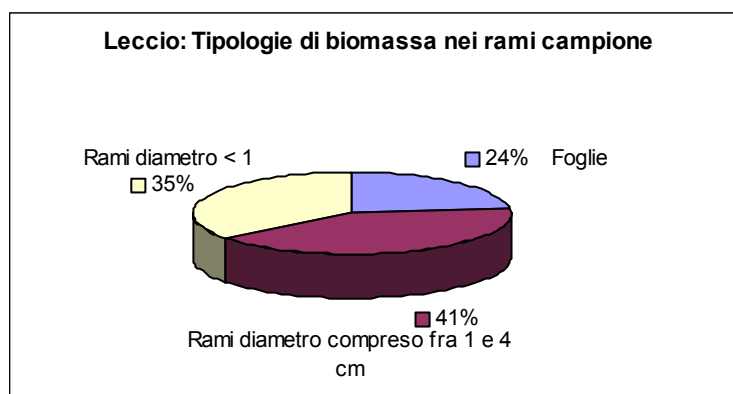
In questo caso quindi la massa volumica è stata calcolata per ottenere, a partire dai volumi misurati, il peso del materiale asportato.

6.3.1 Valori ottenuti per eucalipto e leccio

In base ai valori di peso allo stato fresco, queste due tipologie di campioni risultavano, in percentuale, ripartiti come nei grafici successivi:



Graf. 17 – Eucalipto: Percentuali in peso delle tipologie di biomassa nei rami



Graf. 18 – Leccio: Percentuali in peso delle tipologie di biomassa nei rami

I valori relativi ai campioni di foglie sono riassunti nelle tabelle 21 e 22.

Campione	Peso fresco (kg)	Peso secco (kg)	Umidità rif. stato anidro (%)	Umidità rif. stato fresco (%)
1	0,994	0,529	87,90	46,78
2	2,656	1,587	67,36	40,25
Valore medio	1,825	1,058	77,63	43,51

Tab. 21- Eucalipto: Valori misurati per il campione di foglie

Campione	Peso fresco (kg)	Peso secco (kg)	Umidità rif. stato anidro (%)	Umidità rif. stato fresco (%)
1	0,359	0,286	25,52	20,33

Tab.22 - Leccio: Valori misurati per il campione di foglie

Per l'eucalipto, i rami con diametro da 1 a 4 cm, che rappresentavano il 32 % del campione, hanno fornito i seguenti dati (tab. 23):

Campione	Peso fresco (kg)	Peso secco (kg)	Volume con xilometro (m ³)	Massa volumica allo stato fresco (kg/m ³)	Umidità rif. stato anidro (%)	Umidità rif. stato fresco (%)
1	1,112	0,63	0,001050	1059,05	76,51	43,35
2	0,705	0,403	0,000800	881,25	74,94	42,84
3	0,892	0,5	0,000900	991,11	78,40	43,95
Valore medio				977,14	76,62	43,38

Tab 23 – Eucalipto: Valori misurati per i rami con diametro compreso fra 1 e 4 cm

Per il leccio, lo stesso tipo di assortimento, che rappresentava il 41% del campione, ha dato i seguenti valori:

Campione	Peso fresco (kg)	Peso secco (kg)	Volume con xilometro (m ³)	Massa volumica allo stato fresco (kg/m ³)	Umidità rif. stato anidro (%)	Umidità rif. stato fresco (%)
1	0,731	0,485	0,0013	562,31	50,72	33,65

Tab 24 – Leccio: Valori misurati per i rami con diametro compreso fra 1 e 4 cm

Questo materiale, di fatto, non viene raccolto dalle ditte, in quanto non è classificabile come legna da ardere.

Per i ramoscelli con diametro inferiore a 1 cm, che rappresentavano per l'eucalipto il 24 % e per il leccio il 35% del campione, si riportano i seguenti dati (tab 25 e 26):

Campione	Peso fresco (kg)	Peso secco (kg)	Volume con xilometro (m ³)	Massa volumica allo stato fresco (kg/m ³)	Umidità rif. stato anidro (%)	Umidità rif. stato fresco (%)
1	0,312	0,178	0,0007	445,71	75,28	42,95
2	0,441	0,253	0,0015	294,00	74,31	42,63
3	0,604	0,353	0,0018	335,56	71,10	41,56
4	0,69	0,422	0,0018	383,33	63,51	38,84
Valore medio				364,65	71,05	41,49

Tab 25 – Eucalipto: Valori misurati per i rami con diametro <1 cm

Campione	Peso fresco (kg)	Peso secco (kg)	Volume con xilometro (m ³)	Massa volumica allo stato fresco (kg/m ³)	Umidità rif. stato anidro (%)	Umidità rif. stato fresco (%)
1	0,287	0,184	0,000900	318,89	55,98	35,89
2	0,297	0,204	0,001000	297,00	45,59	31,31
Valore medio	0,29	0,19	0,000950	307,94	50,78	33,60

Tab 26 - Leccio: Valori misurati per i rami con diametro <1 cm

6.3.2 Valori ottenuti per il pino domestico

La massa volumica del pino domestico è stata calcolata allo stato fresco su un campione di rami, dei quali il volume è stato misurato con lo xilometro.

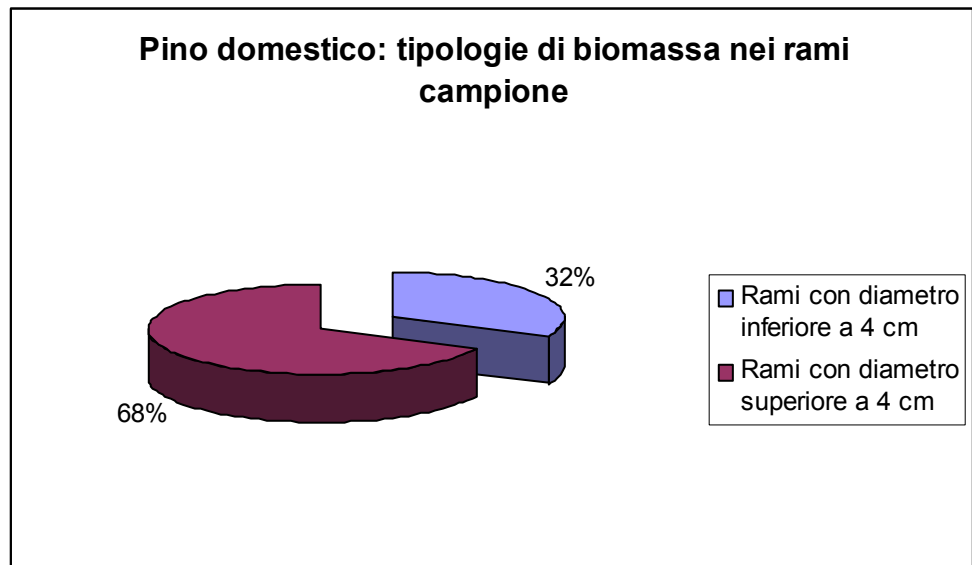
Il valore ottenuto è stato di 795 kg/m³.

Il materiale proveniente dai cantieri è stato quantificato distinguendo il materiale che viene generalmente allestito e caricato come “legna da ardere”, con diametro superiore a 4 cm, e quello residuale, che comprende anche ramoscelli con diametro inferiore a 4 cm, aghi e strobili.

Misurando per 60 piante il volume dei rami, si è ottenuto il valore medio di volume dei rami asportati per individuo, che risulta di 1,31 m³ e che corrisponde, in base al valore di massa volumica calcolato in laboratorio, a 1,04 t di materiale.

Applicando questo valore ottenuto alle 858 piante del cantiere, risulta che in totale vengono asportate circa 900 t di materiale ligno-cellulosico con diametro superiore a 4 cm.

La ramaglia campione analizzata (5 m_{st}) risultava costituita come dal grafico successivo:



Graf. 19 – Pino domestico: Percentuali in peso delle tipologie di biomassa nei rami

Il peso di 1 m_{st} di ramaglia era di 415 kg.

Si può quindi rilevare che per ogni pianta sono stati asportati 3,1 m_{st} di ramaglia, pari a 1,28 t, di cui 1,04 t è costituito da rami con diametro superiore a 4 cm e 0,24 t da ramoscelli, aghi e strobili.

Numero di piante potate nel viale	858
Massa volumica allo stato fresco	795 kg/m ³
Peso medio asportato per pianta dei rami con diametro > 4 cm	1,04 t
Peso medio asportato per pianta dei rami con diametro < 4 cm	0,24 t
Peso medio asportato per pianta totale	1,28 t

Tab. 27 – Massa asportata nei cantieri di pino domestico

Applicando tale valore a tutte le piante del cantiere, si ottiene che il peso totale del materiale asportato è di 1.098 t.

6.4 Misurazioni e valori ottenuti per le scaglie di pino domestico ed eucalipto

Dove nei cantieri è stata utilizzata la sminuzzatrice, sono stati raccolti alcuni campioni di scaglie per le analisi in laboratorio, finalizzate alla valutazione dell'omogeneità di esse, sia in termini di dimensioni che di umidità riferita allo stato anidro.

I campioni provenivano quindi dai cantieri di manutenzione di pino domestico e di eucalipto, e sono stati prelevati a diverse profondità dei mucchi di materiale sminuzzato:

- fresco, appena lavorato (campione prelevato solo per il pino domestico);
- sulla superficie del mucchio;
- a 20 cm di profondità;
- a 80 cm di profondità.

Si fa notare che, mentre per il pino domestico il materiale introdotto nella sminuzzatrice era costituito da ramaglia comprensiva di aghi e strobili, per l'eucalipto si trattava di materiale già sezionato e privo materiale come ramoscelli fini e foglie.

I campioni, chiusi dentro sacchi di plastica nera per evitare la perdita di umidità, sono stati analizzati separatamente per tipologia ai fini del calcolo della “densità bulk” e dell'umidità allo stato anidro; successivamente sono stati mescolati per le misurazioni delle dimensioni.

Come prima operazione di laboratorio sono stati riempiti quattro cilindri graduati di vetro da un litro con i diversi campioni e di ognuno di essi è stato rilevato il peso. Poi, per simulare il comportamento delle scaglie nel cassone, i campioni sono stati sottoposti ad una leggera compressione; con una semplice proporzione è stata quindi

ricavata la “densità bulk” (massa volumica del materiale comprensiva degli spazi vuoti tra i vari pezzi) espressa in kg/dm³).

Gli stessi campioni sono stati messi in stufa per la determinazione del peso secco necessario per il calcolo dell’umidità.

Per il calcolo delle dimensioni il materiale è stato rimescolato ed è stato prelevato un unico campione di 1000 g di scaglie, per ogni specie analizzata. Il materiale è stato suddiviso nelle sue varie componenti quali: scaglie di legno, pezzi di rametti, cortecce, aghi/foglie (dove presenti), scarto di vario tipo.

Le scaglie di legno sono state misurate secondo le tre dimensioni di lunghezza, spessore e larghezza.

6.4.1 Valori ottenuti per il pino domestico

La tabella successiva mostra la differenza di spazio occupato nei contenitori dai diversi campioni di pino domestico dopo una leggera compressione.

Tipo di campione	Peso di un dm ^{stero} di materiale (kg)	Volume iniziale (cm ³)	Volume dopo compressione (cm ³)	Densità bulk (kg/m ^{stero})
<i>Fresco</i>	0,318	1.000	900	353
<i>In superficie</i>	0,185	1.000	800	231
<i>Profondità 20 cm</i>	0,201	1.000	750	268
<i>Profondità 80 cm</i>	0,221	1.000	700	315

Tab 28 – Densità bulk misurata per i campioni di pino domestico

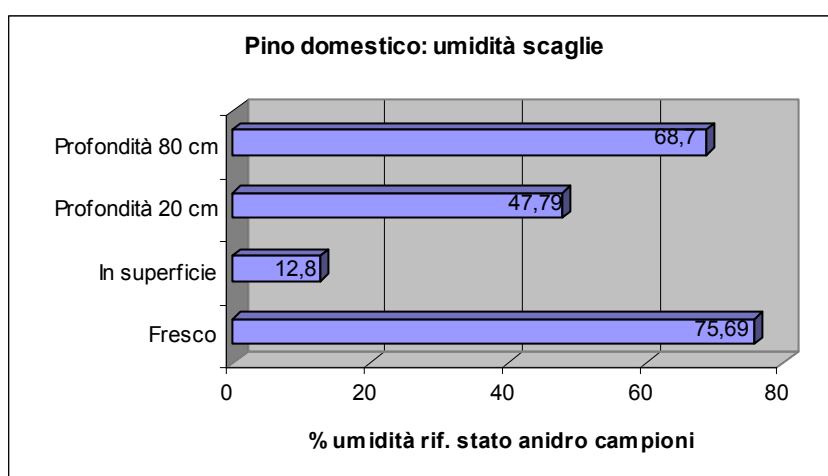
Si può notare, per il campione fresco, una densità bulk decisamente superiore dovuta ad una maggiore umidità, valore che sale di nuovo per il materiale prelevato in profondità.

I campioni, inseriti in stufa, hanno dato i seguenti valori di umidità:

Tipo di campione	Peso fresco (kg)	Peso secco (kg)	Umidità rif. stato anidro %
<i>Fresco</i>	0,318	0,181	75,69
<i>In superficie</i>	0,185	0,164	12,80
<i>Profondità 20 cm</i>	0,201	0,136	47,79
<i>Profondità 80 cm</i>	0,221	0,131	68,70

Tab 29 – Umidità rif. stato anidro misurata per i campioni di pino domestico

I tre campioni prelevati dal mucchio hanno un'umidità crescente dalla superficie verso l'interno, che provoca generalmente fenomeni di fermentazione nel periodo di tempo che il materiale viene lasciato nel piazzale.



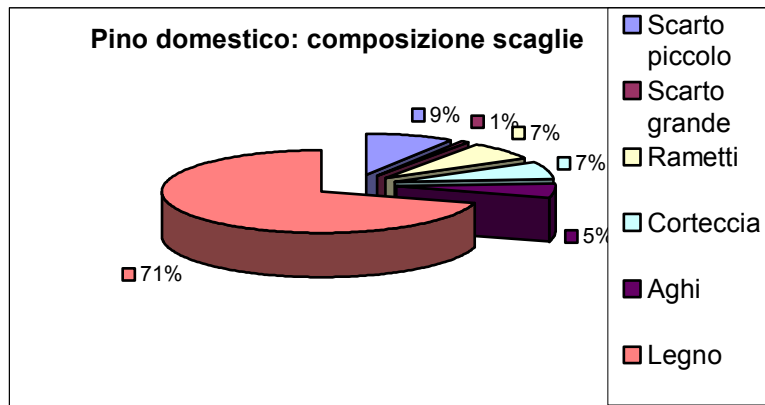
Graf. 20 – Rappresentazione dell'umidità delle scaglie a diverse profondità

La suddivisione del campione in componenti ha rilevato la seguente composizione, in peso, del campione di scaglie prodotte:

Descrizione componenti	Peso (kg)
Scarto piccolo	0,72
Scarto grande	0,08
Rametti	0,56
Corteccia	0,56
Aghi	0,4
Legno	5,68
TOTALE	8

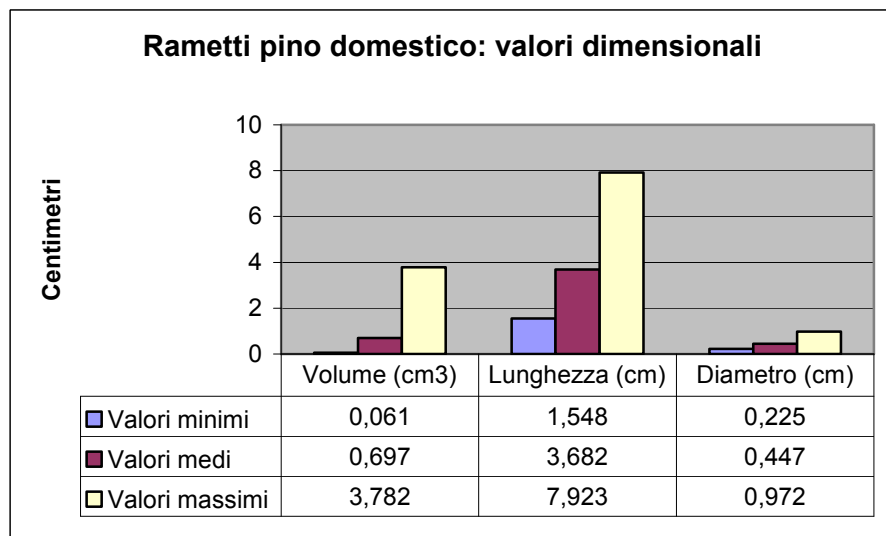
Tab. 30 – Composizione delle scaglie di pino domestico

La distribuzione percentuale risulta dal seguente grafico:



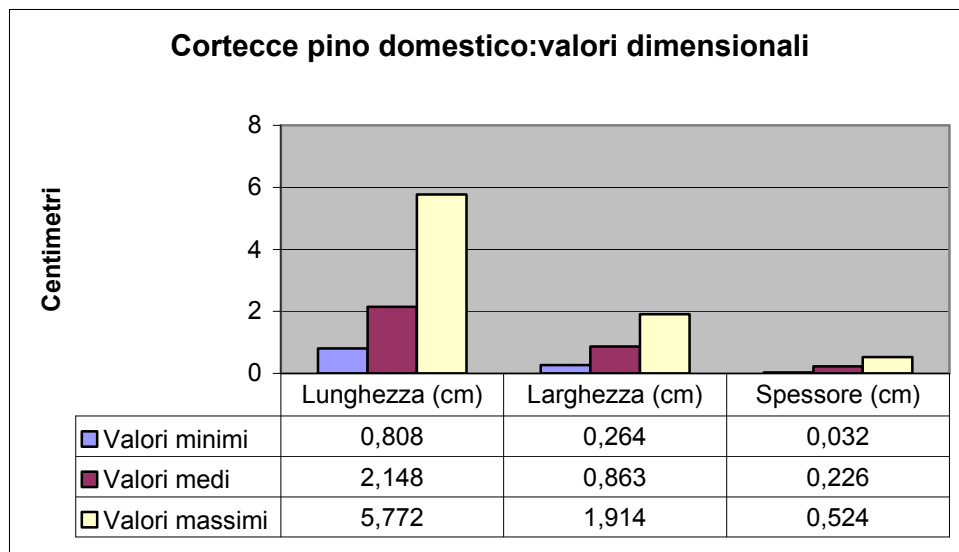
Graf. 20 – Percentuale composizione scaglie pino domestico

Dall’analisi dimensionale delle varie componenti delle scaglie di pino domestico, escludendo lo “scarto piccolo” per il quale non è stato possibile effettuare misurazioni, risulta che i “rametti”, che costituiscono il 7% del campione, hanno le seguenti dimensioni:



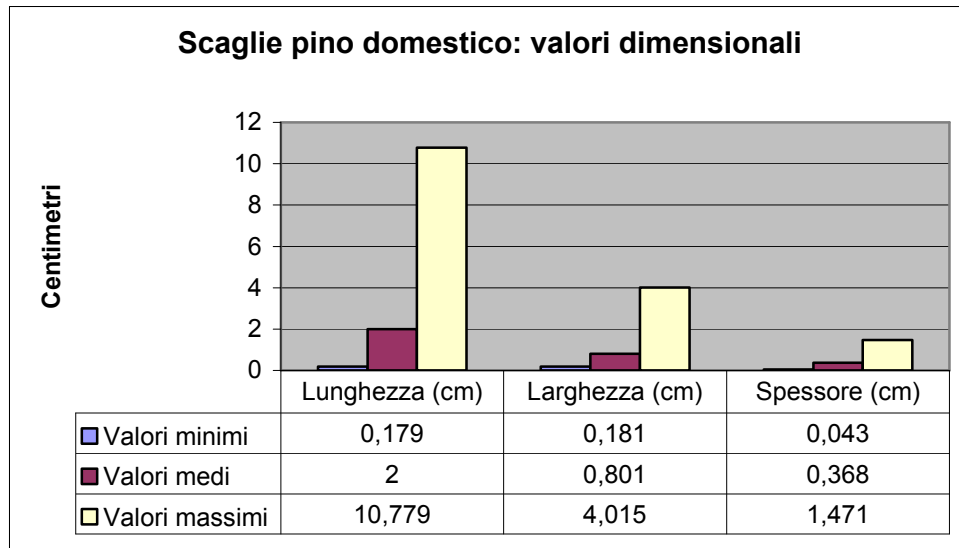
Graf. 21 – Dimensione rametti ritrovati nelle scaglie di pino domestico

Le cortecce, che rappresentano il 7% del campione, sono state misurate in lunghezza, larghezza e spessore, ottenendo così il volume:



Graf. 22 – Dimensione cortecce ritrovate nelle scaglie di pino domestico

Per quanto riguarda le scaglie “pulite”, che rappresentano il 71% del campione, sono state misurate misurate lunghezza, larghezza e spessore, riportando tutto ai valori minimi, medi e massimi.



Graf. 23 – Dimensione scaglie di pino domestico

6.4.2 Valori ottenuti per l'eucalipto

I campioni di scaglie di eucalipto sono stati prelevati nelle vicinanze di un impianto termico dove erano già stoccate da diverso tempo, per

cui in questo caso non è stato possibile misurare il valore delle scaglie prodotte immediatamente dopo la sminuzzatura.

La tabella successiva mostra la differenza di spazio occupato nei contenitori dai diversi campioni di eucalipto dopo una leggera compressione.

Tipo di campione	Peso di un dm_{stero} di materiale (kg)	Volume iniziale (cm³)	Volume dopo compressione (cm³)	Densità bulk (kg/m_{stero})
<i>In superficie</i>	0,153	1.000	700	219
<i>Profondità 20 cm</i>	0,192	1.000	700	274
<i>Profondità 80 cm</i>	0,325	1.000	650	500

Tab 31 – Densità bulk misurata per i campioni di eucalipto

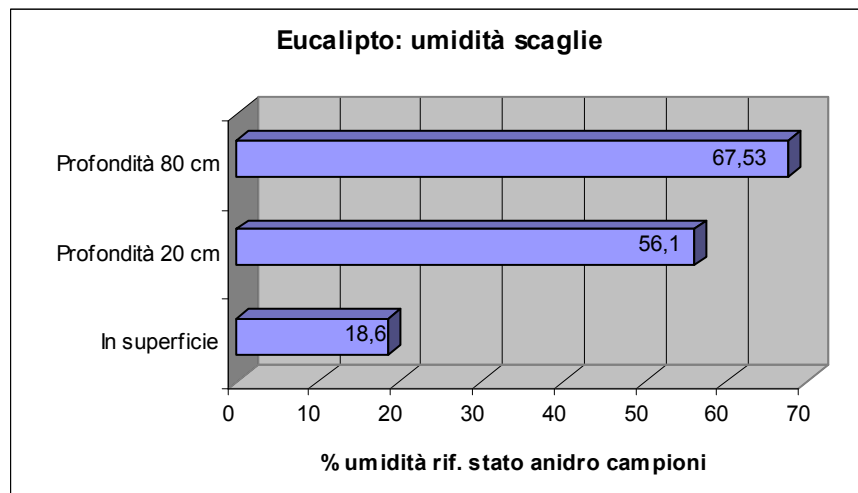
Ancora più evidente in questo caso rispetto al pino domestico è l'aumento della densità bulk all'interno del mucchio, probabilmente perchè da più tempo stoccato presso il piazzale di utilizzo.

I campioni, inseriti in stufa, hanno dato i seguenti valori di umidità:

Tipo di campione	Peso fresco (kg)	Peso secco (kg)	Umidità rif. stato anidro %
<i>In superficie</i>	0,153	0,129	18,60
<i>Profondità 20 cm</i>	0,192	0,123	56,10
<i>Profondità 80 cm</i>	0,325	0,194	67,53

Tab 32 – Umidità rif. stato anidro misurata per i campioni di eucalipto

Anche in questo caso i tre campioni prelevati dal mucchio hanno un'umidità crescente dalla superficie verso l'interno.



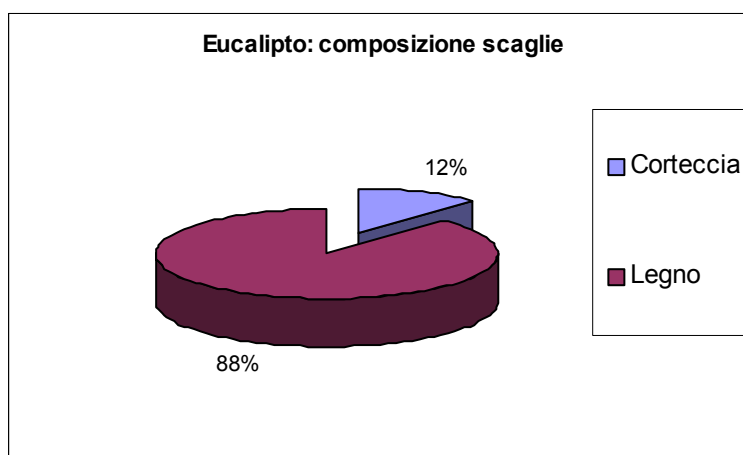
Graf. 24 – Rappresentazione dell'umidità delle scaglie a diverse profondità

La suddivisione del campione in diverse tipologie ha rilevato la seguente composizione, in peso, del campione di scaglie prodotte:

Descrizione componenti	Peso (kg)
Corteccia	0,7
Legno	5,3
TOTALE	6

Tab. 33 – Composizione delle scaglie di eucalipto

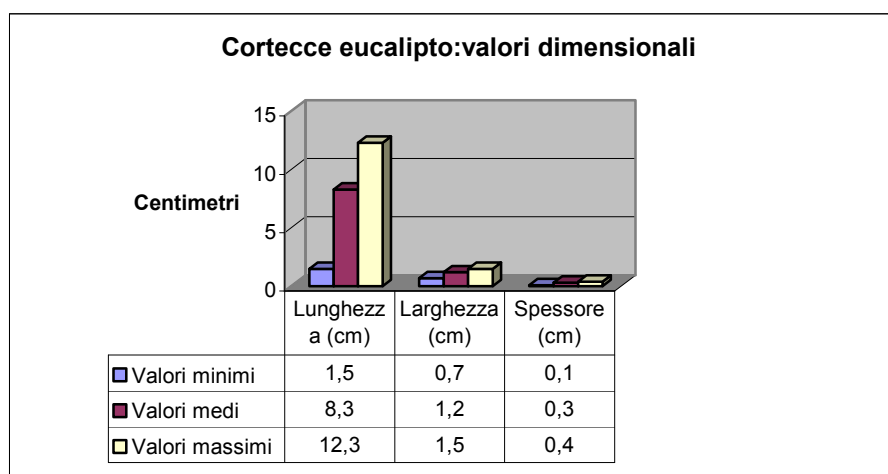
La distribuzione percentuale risulta dal seguente grafico:



Graf. 25 – Percentuale composizione scaglie eucalipto

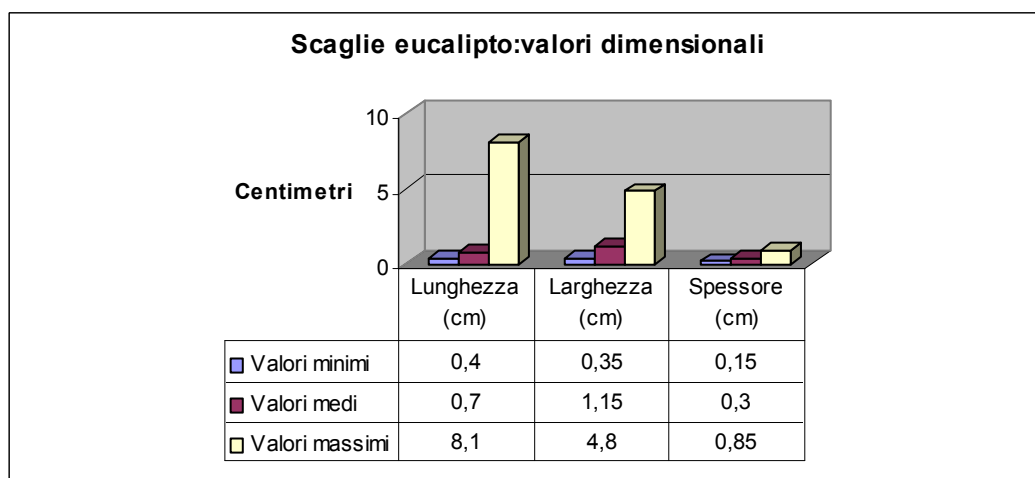
Dall'analisi dimensionale delle varie componenti delle scaglie di eucalipto, semplificata in questo caso dalla sola presenza di scaglie e corteccia, ha evidenziato i seguenti valori:

- le cortecce, che rappresentano il 12% del campione, sono state misurate in lunghezza, larghezza e spessore, ottenendo così il volume:



Graf. 26 – Dimensione cortecce ritrovate nelle scaglie di eucalipto

- per quanto riguarda le scaglie “pulite”, che rappresentano l’88% del campione, sono state misurate lunghezza, larghezza e spessore, riportando tutto ai valori minimi, medi e massimi:



Graf. 27 – Dimensione scaglie di pino eucalipto

III – DISCUSSIONE DEI RISULTATI

7 Conclusioni sui cantieri del verde urbano nel Lazio

7.1 I sistemi di lavoro

Le operazioni principali relative alla manutenzione del verde appartenente alla rete viaria urbana sono la potatura e l'abbattimento.

Le indagini, i sopralluoghi e i rilievi effettuati hanno permesso di caratterizzare due tipologie principali di ditte concessionarie degli appalti per le manutenzioni: la ditta specializzata nei lavori in bosco, per quanto riguarda i cantieri di manutenzione delle fasce di eucalipto, e quella specializzata nella manutenzione delle alberature urbane, che operava nei cantieri di potatura del leccio e del pino domestico.

La **prima ditta**, oltre ad eseguire operazioni in bosco effettua, in alcuni casi, anche manutenzione delle alberature, da cui ritrae legna da ardere per rifornire il mercato locale e smaltisce i residui delle operazioni presso discariche autorizzate. Questa tipologia aziendale non è specializzata nelle operazioni di manutenzione delle alberature stradali, pur avendo notevole esperienza nelle operazioni di taglio delle piante, per cui non possiede attrezzature e conoscenze specifiche per questo tipo di operazioni.

La **seconda ditta** invece è specializzata quasi esclusivamente nelle operazioni di potatura ed abbattimento di alberature urbane. È quindi già predisposta, sia per le attrezzature in possesso che per il know-how degli operatori, a questo tipo di operazioni. Il legname ottenuto dagli interventi di manutenzione viene sovente ridotto in scaglie e conferito poi all'industria del compost o per la produzione di energia.

Entrambe le ditte esaminate effettuano la potatura e le relative operazioni di allestimento con una squadra composta da 4 operai, ma

con diversi sistemi. Nel caso della ditta boschiva, che è stata osservata durante la manutenzione dei filari di eucalipto, la stessa squadra effettuava anche l'abbattimento.

Per quanto riguarda i sistemi di lavoro, si riportano le seguenti note:

- la **ditta boschiva**, che non possiede un automezzo con piattaforma, opera generalmente utilizzando la tecnica del “tree climbing”, che consiste in una vera e propria scalata (con attrezzature professionali da alpinisti) della pianta e recisione delle parti da asportare. Questa tecnica può essere utilizzata sia per la potatura che per l'abbattimento, ma è indispensabile che sia praticata da personale formato con appositi corsi di addestramento con le specifiche attrezzature di sicurezza.



Foto 29 - Operaio arrampicato per la potatura di una pianta di eucalipto

Uno degli operai si arrampica con i ramponi per potare, ancorando le branche più grosse per facilitarne la discesa dopo il taglio, assistito a terra da un secondo operaio che ha anche il compito di effettuare i rifornimenti della motosega.

Quando necessario, il potatore effettua anche operazioni di abbattimento, assistito dagli altri due operai nel caso in cui sia necessario direzionare la caduta della pianta con delle funi.

In alcuni casi la ditta ha la possibilità di prendere in affitto giornaliero un camion con piattaforma, con la quale vengono agevolate senz'altro sia la potatura che l'abbattimento, che avviene in questo caso in maniera frazionata dall'alto verso il basso.

Nell'unica giornata di rilievo presso la ditta in cui era in uso la piattaforma si è potuto verificare che con il sistema di potatura e abbattimento normalmente praticati la produttività è di circa 2,30 t/h*squadra, mentre con la piattaforma tale valore sale a circa 3,65 t/h*squadra.



Foto 30 - L'operazione di potatura costituisce lo stadio lento del cantiere e ne pregiudica la produttività totale.

Altri 2 operai provvedono all'allestimento del materiale e al concentramento manuale del materiale asportato, in cataste per quanto riguarda la legna da ardere e in mucchi per la ramaglia.

Terminate le operazioni di potatura e abbattimento, il potatore carica il cassone del camion con la pinza idraulica.



Foto 31 - Legna da ardere e ramaglie di eucalipto pronte per il carico

- la ditta di manutenzione del verde urbano impiega una coppia munita di motosega e cestello (uno sul cestello ed uno in basso che controlla le operazioni svolte, pronto ad intervenire in caso di necessità tramite i doppi comandi del cestello); solo in caso di necessità, nel caso in cui la caduta dei rami possa danneggiare manufatti o cablaggi, il secondo operaio assiste il potatore direttamente dal cestello.

Un terzo operaio seziona e ammucchia tutto il materiale in cataste ordinate a bordo strada, mentre un altro operaio alla guida del bobcat avvicina il materiale al camion formando dei mucchi per facilitare il carico con la gru.

Il tempo medio di avanzamento di un cantiere di manutenzione è dell'ordine dei 200 m/giorno, considerando generalmente 8 ore lavorative, ma il valore è molto variabile, con sensibili conseguenze sulla produttività.

Una delle cause che pregiudicano o meno la velocità delle operazioni di manutenzione lungo la rete viaria è data naturalmente dalla presenza di manufatti, infrastrutture e cablaggi aerei.



Foto 32 Difficoltà nelle operazioni di manutenzione dei filari a ciglio strada a causa dei cablaggi aerei

Un riepilogo dei dati di produttività dei cantieri esaminati è riportato nella tabella 34 e ci indirizza alle conclusioni che seguono.

	Potatura, abbattimento e allestimento (t/h*squadra)	Potatura e allestimento (t/h*squadra)	Carico legna da ardere e ramaglie (t/h*squadra)
Cantiere eucalipto	2,75	-	2,57*
Cantiere leccio	-	2,80	12,08
Cantiere pino domestico	-	2,06	5,01

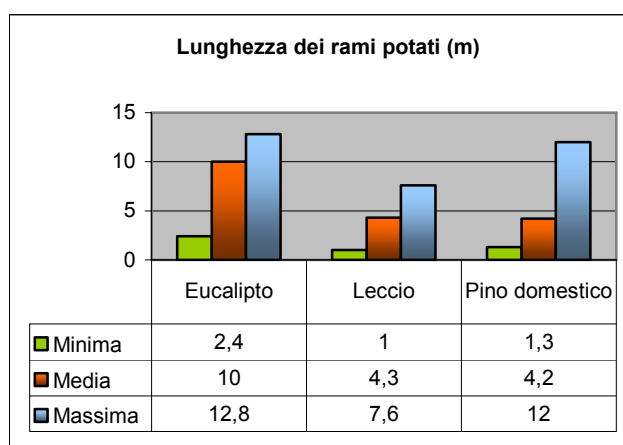
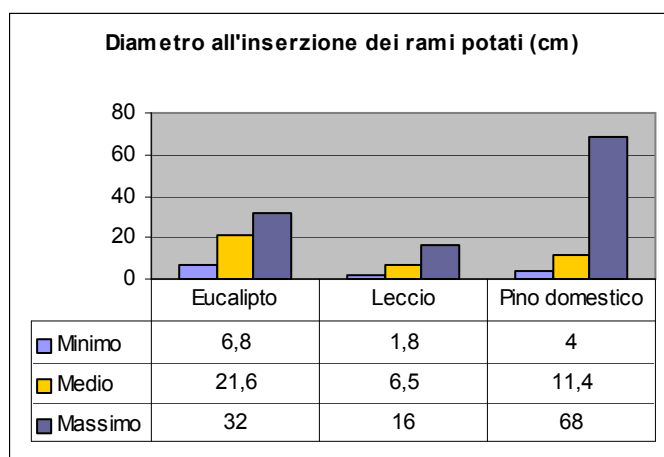
Tab 34 - Riepilogo dei dati di produttività media dei cantieri osservati

* Tale valore è ottenuto dalla somma dei carichi suddivisa per il totale dei tempi di carico, anche se in questo cantiere il carico della legna da ardere e della ramaglia è stato fatto in momenti distinti.

Come si può notare dall'analisi dei tempi di lavoro riportati nel capitolo 5, all'interno delle 3 tipologie di cantiere sono scaturite produttività molto simili, ma c'è da notare che si tratta di cantieri nei quali, oltre alle diverse metodologie di lavoro e alle differenti macchine ed attrezzature a disposizione, ci si trovava di fronte a tre diverse realtà:

- Nel cantiere di eucalipto si era in presenza non solo di rami piccoli, ma anche di grosse branche e di piante intere da abbattere;
- Nel cantiere di leccio sono stati potati solo rami di piccole dimensioni;
- Nel cantiere di pino domestico la maggior parte dei tagli è stata fatta su grosse branche.

La disomogeneità degli interventi nei diversi cantieri è riscontrabile dai grafici successivi, che mostrano i valori minimi, medi e massimi di diametro e lunghezza misurati per una serie di rami campione potati all'interno dei cantieri.



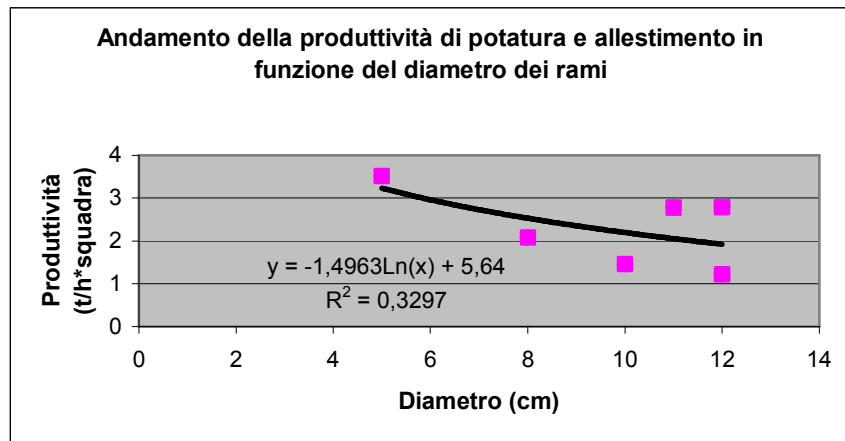
Graff. 28 e 29 – Diametri e lunghezze misurati per i rami

La potatura, soprattutto nel cantiere di eucalipto, dove le operazioni sono state orientate prevalentemente all'abbattimento, rappresenta senz'altro una fase lenta; c'è da notare infatti che, vista l'imponenza di molte branche delle piante da abbattere, era necessario intervenire prima alleggerendo la chioma.

In realtà la produttività del cantiere di eucalipto risulta essere elevata per il fatto che ci sono stati frequenti abbattimenti (15 piante su 23), ed il valore medio che ne risulta (2,75 t/h*squadra) è innalzato dalla terza giornata in cui la produttività è stata elevata per via dell'utilizzo della piattaforma con la quale sono stati effettuati quattro abbattimenti di piante di grandi dimensioni.

Nei cantieri dove non sono stati effettuati gli abbattimenti, che prevedevano lo stesso sistema di lavoro, sono stati messi in relazione i dati di produttività sia con il diametro medio dei rami potati che con il loro numero.

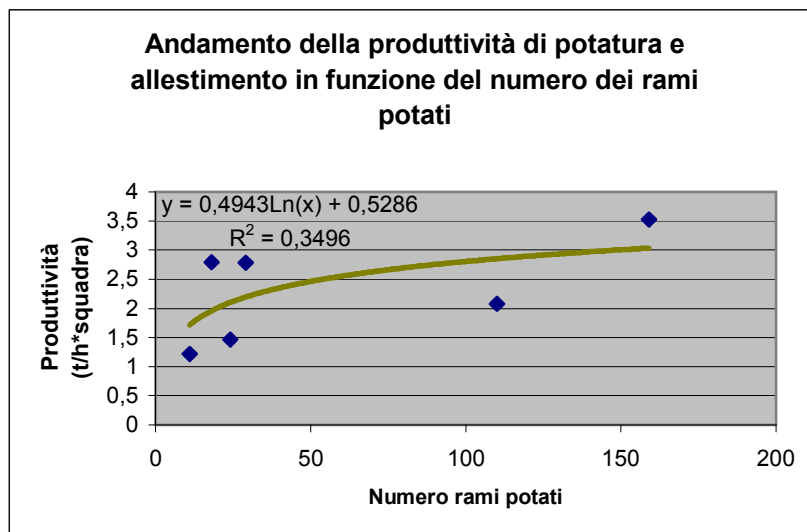
Nonostante in alcuni casi la massa asportata, vista la presenza di grosse branche, fosse notevole, il grafico successivo denota come genericamente con l'aumentare del diametro dei rami diminuisce la produttività. Questo perché, come già sottolineato, ad un maggior diametro dei rami corrispondono grosse branche, come nel caso del pino domestico, che vanno asportati per sezioni, e richiedono quindi un tempo di potatura maggiore.



Graf. 30 – Produttività di potatura e allestimento in funzione del diametro dei rami

Per quanto riguarda il leccio, dove è stato fatto un allestimento sommario del materiale in quanto non era prevista la vendita di legna da ardere, la produttività, anche nella fase di carico, è piuttosto alta.

Dal grafico successivo risulta che un maggior numero di rami potati incide sull'aumento della produttività, e questo si spiega normalmente con una massa asportata maggiore. In realtà il basso indice di correlazione ci indica ancora il fatto che il valore di produttività dipende anche dal numero di piante sul quale è stato fatto l'intervento, che, dove più alto, prevede in genere un numero maggiore di spostamenti della piattaforma con cui operare per la potatura, cosa che incide sui tempi di lavoro.



Graf. 31 – Produttività di allestimento e potatura in funzione del numero dei rami potati

Il fattore critico è rappresentato dalla fase di carico delle ramaglia, che condiziona pesantemente i tempi di lavoro. Questo è più evidente nel caso del cantiere di eucalipto dove, oltre alla presenza di materiale allestito in maniera difforme, è stato fatto il carico differenziato della ramaglia e della legna da ardere, e addirittura sono stati caricati fusti di grandi dimensioni derivanti dagli abbattimenti. Per il carico della legna da ardere la produttività è quindi di 3,49 t/h, mentre per la ramaglia tale valore scende a 1,16 t/h.

Tale basso valore è imputabile, oltre che ad un automezzo meno efficiente e con cassone di carico più piccolo, all'imperizia dell'operaio che normalmente non effettua questa operazione, e non ha riempito in maniera utile il cassone, compattando la ramaglia.

Differentemente dal cantiere di eucalipto, si fa notare l'elevata produttività nel carico nel cantiere di leccio, che è stata data essenzialmente dal fatto che non ci sono stati tempi morti per il posizionamento del camion perché la strada era libera e anche il

lavoro di concentramento della ramaglia presso il camion da parte dell'operaio con il bobcat è stato così facilitato.

Sulla produttività delle operazioni di potatura, o in generale sulla manutenzione del verde urbano non esistono attualmente lavori pubblicati.

Anche un raffronto con i dati riportati per le operazioni di potatura e spalcatura nelle pinete artificiali non sarebbe corretto, in quanto si tratta di operazioni completamente diverse, effettuate in bosco e comunque da terra, con troncaremi e aste potatrici. In questi casi le potature sono di tipo basso o medio e arrivano quindi fino a 5 m di altezza, in popolamenti giovani. Gli spostamenti per effettuare l'operazione da una pianta all'altra sono brevi, non solo per la distanza minima tra le piante (1,5-2 m), ma per il fatto che l'operaio non ha bisogno di mezzi come la piattaforma, e arriva a potare fino a 60-80 piante al giorno, a seconda degli strumenti utilizzati (Baldini, Franchi, 1998).

7.2 Tipologie di biomasse prodotte nei cantieri

Durante le operazioni di potatura e manutenzione dei filari urbani e delle fasce frangivento, vengono prodotti una serie di assortimenti legnosi, parte dei quali trova sbocco sul mercato della filiera legno-energia.

Nel dettaglio, gli assortimenti prodotti sono principalmente due:

- legna da ardere;
- ramaglie.

A questi si è andato ad aggiungere negli ultimi tempi per la ditta operante nel verde urbano, la produzione di legno sminuzzato, che

viene considerato aggiuntivo, in alcuni casi, ai due assortimenti classici.

Non risulta, dalle interviste effettuate, produzione di materiale legnoso da lavoro.

7.2.1 Legna da ardere

La legna da ardere è ottenuta dalle piante intere e dai rami più grandi, con diametro maggiore di 4-5 cm. Le grosse branche sono sramate e sezionate a lunghezze variabili dai 50 ai 100 cm. Questa operazione viene fatta, nel caso specifico, su branche con diametro minimo di circa 10 cm. Nel caso si voglia produrre legna da ardere adatta a pizzerie e forni il diametro si riduce a 3-5 cm. Questa tipologia di assortimento, molto apprezzata nel Lazio, spunta sul mercato prezzi più alti.

La legna da ardere ricavata dalle branche più grosse deve essere spaccata in pezzi più piccoli (quarti) per essere commercializzata. Gli assortimenti da ardere più richiesti sul mercato locale sono per il camino, con lunghezza di 35-50, e per la stufa di 25 cm.



Foto 33 - Legna di eucalipto sezionata ed accatastata



Foto 34 - Legna di eucalipto sezionata e caricata sull'automezzo aziendale

La legna da ardere è generalmente venduta a metro stereo (m_{st}), per grandi quantità, o a tonnellata per la vendita al dettaglio.

I prezzi oscillano tra i 90-120 €/t a seconda della lunghezza dell'assortimento, del trasporto e dello scarico a domicilio.

7.2.2 Ramaglia

La ramaglia è il materiale di risulta dalle operazioni di taglio e sramatura delle piante e dei rami che ha un diametro inferiore ai 4-5 cm e che non è commercializzato come assortimento da ardere ma come fascina .

La ramaglia e' sempre molto ingombrante, avendo un peso per unità di volume molto basso (da 0,1 a 0,5 t/m_{st}) a seconda della percentuale di fogliame, diametro dei rami e compattamento del carico delle fascine.

Nel caso dell'eucalipto, del leccio e del pino domestico, la ramaglia comprende anche il fogliame, essendo queste specie non decidue

Da questo assortimento quasi mai è conveniente estrarre la parte legnosa, per la difficoltà dell'operazione.

D'altronde non può essere abbandonata nel cantiere di utilizzazione, costituendo intralcio alla viabilità nonché fonte di innesco di incendi.

Per questo motivo l'assortimento è considerato come un residuo da smaltire e viene portato in discarica, gravando sui costi di trasporto e smaltimento, oppure abbandonato in discariche abusive o bruciato, entrambe, però, pratiche severamente vietate.

La soluzione più conveniente è rappresentata dalla sminuzzatura del materiale, operazione che eviterebbe e velocizzerebbe anche le fasi di allestimento e di carico.

Il materiale prodotto nei diversi cantieri analizzati risulta come dalla tabella 35 Il valore di materiale asportato annualmente per pianta è stato calcolato dividendo il materiale medio prodotto per pianta per gli anni che intercorrono tra un intervento e l'altro; questo dato è stato fornito dalle ditte intervistate. Per l'eucalipto l'ultimo intervento risale a 5 anni prima, per il leccio 4, mentre per il pino domestico 20 anni.

Il valore totale è riferito al cantiere oggetto dell'appalto, tranne nel caso dell'eucalipto dove si riferisce all'insieme delle piante che creano la rete frangivento gestita dall'ARSIAL.

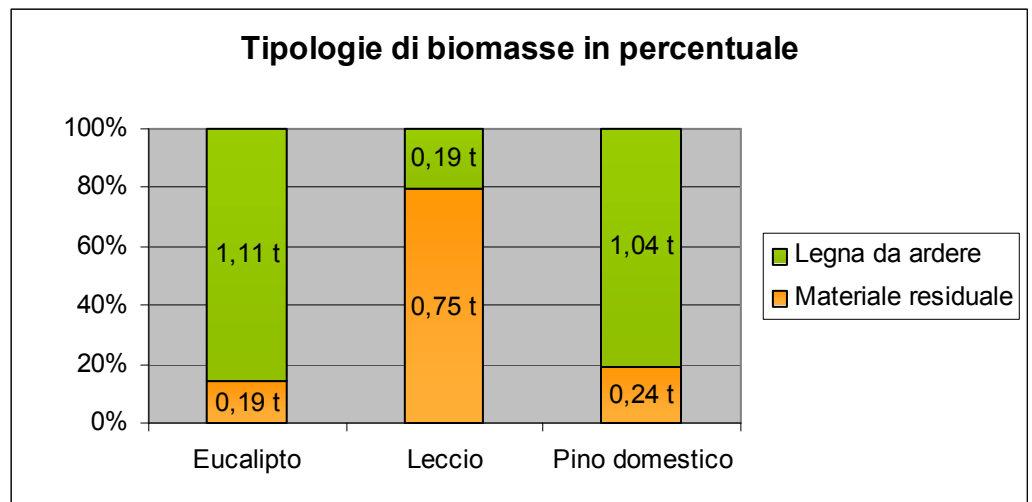
	Per pianta (t)	Per pianta/anno (t)	Totale cantiere (t)
Cantiere Eucalipto	1,30	0,26	117.000
Cantiere leccio	0,94	0,24	310
Cantiere pino domestico	1,28	0,064	1.098

Tab 35 - Materiale totale asportato nei cantieri

In particolare, il residuo della lavorazione, classificato nell'ambito di questo studio come tutta la ramaglia con diametro inferiore a 4 cm, viene riportato nella tabella 36 e le relative percentuali sono evidenziate dal grafico successivo.

	Per pianta (t)	Per pianta/anno (t)	Totale cantiere (t)
Cantiere Eucalipto	0,19	0,04	17.097
Cantiere leccio	0,75	0,19	248
Cantiere pino domestico	0,24	0,012	206

Tab 36 - Materiale residuale asportato nei cantieri



Graf. 32 – Percentuale di materiale residuale rispetto al totale asportato

Altri autori (Spinelli, 1998), riportano che mediamente per operazioni nell'ambito del verde urbano si ottengono da 0,04 a 0,08 t di sostanza secca per pianta e per ogni intervento. Tale dato sembra essere sottostimato, in quanto, riportando i dati scaturiti in termini di sostanza secca riferendoci al contenuto idrico calcolato in laboratorio, otteniamo valori da 0,11 t a 0,47 t.

Il materiale prodotto per pianta non ci dà comunque una reale visione del potenziale materiale disponibile, perché è un dato che dobbiamo riferire all'anno, in base agli anni che genericamente intercorrono tra un intervento e l'altro, e che non sono prestabiliti ma dipendono da una serie di fattori nell'ambito del contesto urbano. Si può notare infatti dalle tabelle 35 e 36 come il materiale asportato riferito all'anno per ogni individuo di pino domestico è molto basso, rispetto a quello asportato per il leccio, in quanto l'intervento è stato effettuato dopo vent'anni.

Nel caso dell'**eucalipto** il calcolo del materiale residuale è stato facilitato dal fatto che sono stati fatti carichi differenziati per la ramaglia e per la legna da ardere. Riscontriamo quindi che il 14,8 % del materiale è lasciato a ciglio strada; tale percentuale, riferibile a tutta la rete frangivento, è pari a circa **17.000 t**. Tale dato è verificato

da quanto riferito da Corona, Portoghesi e Bollati (2004), che riportano un totale di 19.000 t come “*biomassa legnosa potenzialmente asportabile con potature o taglio di interi fusti in un’ottica di ordinaria gestione e recupero delle alberature frangivento*”. Entrambi i valori sono naturalmente riferiti al materiale asportabile nell’arco degli anni previsti per l’intervento.

Per il **leccio**, visto che tutto il materiale era caricato per essere portato in discarica perché di dimensioni piccole, si è stimato comunque un 20% di materiale destinabile potenzialmente come legna da ardere e quindi nell’ambito dell’intero cantiere **248 t** circa sono rappresentate da materiale con diametro inferiore a 4 cm.

Per il **pino domestico** il materiale residuale rappresenta il 35, 7%, pari a circa **206 t**.

Ovviamente i tre valori dedotti sono da accettare disgiunti in quanto sono riferiti a tre tipologie di interventi in contesti diversi: per uniformità bisognerebbe moltiplicare il valore del materiale asportato per pianta ottenuto con questa ricerca per il numero di piante esistenti in un determinato contesto territoriale (ad esempio il territorio di competenza del Comune di Roma), posto che le condizioni (età delle piante, frequenza e tipologia dell’intervento, metodologie di lavoro), siano sempre simili.

Fare una stima in questo senso, per l’ambito territoriale indagato, non è stato possibile in quanto il Comune di Roma non possiede uno studio completo e dettagliato sulle piante esistenti nell’area comunale, la loro collocazione e i parametri identificativi. Tale censimento, proposto in alcuni Comuni con il nome di “Catasto degli alberi” (ad esempio nel Comune di Merano), sarebbe uno strumento efficace non solo per la pianificazione degli interventi, ma anche per la corretta gestione dei residui, in un’ottica di utilizzo per la produzione di energia locale.

E' stato possibile comunque fare una stima di massima per quanto riguarda i residui lavorati dalla ditta esaminata a Roma, che ha un bilancio importante per quanto riguarda i lavori effettuati nel Comune e nel territorio provinciale. Mediamente essa raccoglie 80 m_{st} di ramaglia al giorno, che riferiti a 220 giorni lavorativi annui sono 17.600 m_{st}. In termini peso tale volume equivale, considerando una massa volumica sterica media di 0,4 t/m_{st}, a circa 7.000 t di sostanza fresca.

Nella pagina seguente è riportato uno schema che rappresenta una possibile filiera legno-energia in ambito urbano.

A- Manutenzione alberature

1. alberatura urbana
2. potature periodiche
3. sminuzzatrice
4. camion con cassone coperto
5. camion con cassone scoperto
6. conferimento potature da parte di privati
7. cassonetto di raccolta delle potature private

B – Manutenzione verde pubblico e privato

8. potature periodiche
9. abbattimenti (piante malate o pericolanti)

C – Centrale di teleriscaldamento

10. Conferimento scaglie
11. Silo interrato
12. Tubazioni per trasporto acqua calda

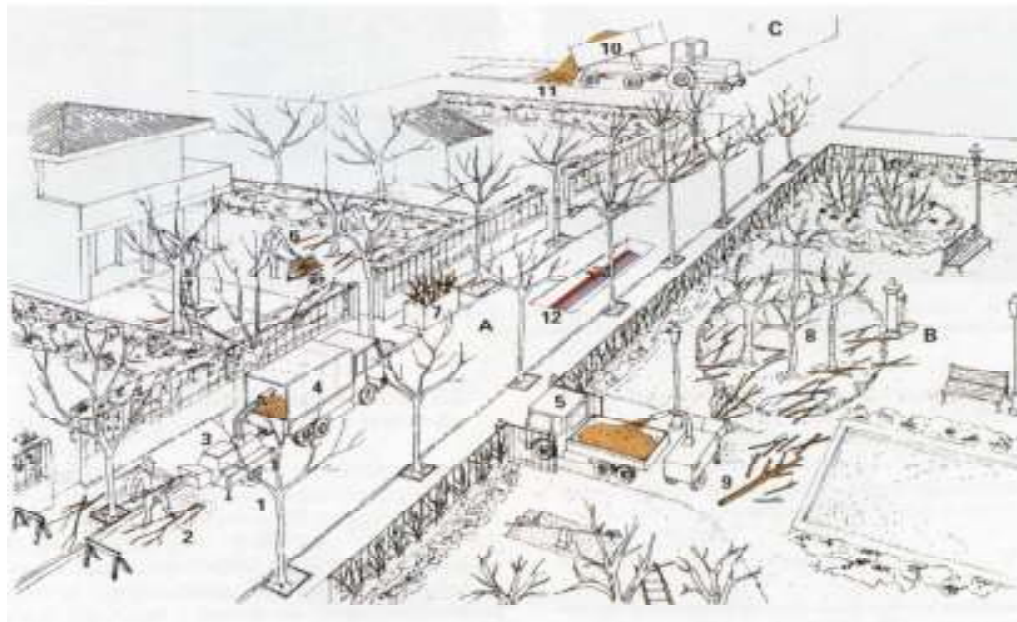


Fig. 4- Schema di una possibile filiera legno-energia in ambito urbano (Fonte:ARSIA, 2003)

8 Conclusioni sui campioni analizzati

8.1 Confronti con i valori riscontrati in bibliografia

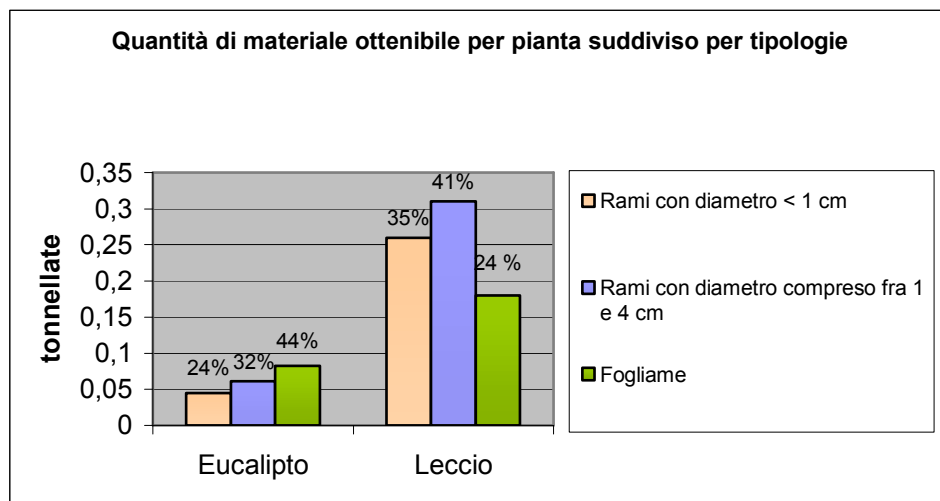
L'analisi dei cantieri oggetto dello studio ha evidenziato, nel precedente capitolo, che il materiale residuale rappresenta genericamente dal 15 al 35 % della massa tagliata, in termini di peso fresco, con valori fino all'80% per quanto riguarda il cantiere di leccio.

Di questo quantitativo è necessario considerare la composizione per quanto riguarda la presenza di rami, con diametro compreso fra 1 e 4 cm, ramoscelli con diametro inferiore a 1 cm, di fogliame e frutti, in quanto tale materiale presenta valori di massa volumica e umidità differenti rispetto agli assortimenti tradizionali, che possono pregiudicare il potere calorifico delle scaglie prodotte. Tali valori, analizzati nel corso della ricerca per l'eucalipto ed il leccio, sono riassunti nella tabella 37.

	Eucalipto				Leccio			
	<i>Legno</i>	<i>Rami medi</i>	<i>Ramoscelli</i>	<i>Fogliame</i>	<i>Legno</i>	<i>Rami medi</i>	<i>Ramoscelli</i>	<i>Fogliame</i>
Massa volumica allo stato fresco (kg/m ³)	1.123	977	365	-	1.135	562	308	-
Umidità rif. stato anidro (%)	104	76.6	71	78	57	50,7	50,8	25

Tabella 37 - Valori riassuntivi dei parametri fondamentali misurati per i campioni

La composizione della ramaglia residua è stata riportata nel seguente grafico.



Graf. 33- Materiale residuale ottenibile da interventi su eucalipto e leccio

Prendendo come riferimento la tabella 37, si possono dare le seguenti indicazioni.

Il trattamento dei residui costituiti da ramaglia di eucalipto con l'operazione della sminuzzatura agevolerebbe senz'altro lo smaltimento di tale materiale, ma non realizzerebbe delle scaglie ottimali per uso energetico in quanto vi è un' alta incidenza di fogliame (44%), che andrebbe a pregiudicare il p.c.i. del legno che, secondo gli autori (Ferrari G., 1991), si attesta, allo stato secco, sulle 4.500-4.800 kcal/kg, a seconda della specie di eucalipto.

Diversa considerazione è da farsi per il leccio, dove la percentuale di foglie è del 24%, ed in considerazione soprattutto del fatto che nei cantieri esaminati non era previsto l'allestimento di legna da ardere: la sminuzzatura rappresenterebbe quindi il trattamento più indicato per questa tipologia di residuo.

Per quanto riguarda le scaglie la composizione conferma, soprattutto nel caso del pino in cui erano sminuzzati rami interi, un totale di circa il 25% di materiale tra aghi, rametti e scarti vari, che normalmente non viene utilizzato.

I valori granulometrici misurati sono stati messi a confronto con i parametri individuati dalla raccomandazione CTI-R03/1 “*Biocombustibili, specifiche e raccomandazioni*”, elaborata dal Comitato Termotecnica Italiano nell’Aprile 2003 e presentata all’UNI in preparazione alla prossima normativa nazionale in materia.

Le dimensioni ottimali delle scaglie sono comprese fra 20 e 25 mm per quanto riguarda la lunghezza, una larghezza pari alla metà e uno spessore pari a 1/5- 1/10 della lunghezza.

Le analisi dimensionali effettuate sul materiale sminuzzato possono riassumersi nella seguente tabella:

	<i>Lunghezza media</i> (cm)	<i>Larghezza media</i> (cm)	<i>Spessore medio</i> (cm)
Pino domestico			
<i>Scaglie di legno</i>	2,0	0,8	0,4
<i>Cortecce</i>	2,2	0,9	0,2
<i>Rametti</i>	3,7	-	-
Eucalipto			
<i>Scaglie di legno</i>	0,7	1,2	0,3
<i>Cortecce</i>	8,3	1,2	0,3

Tab. 38 – Riepilogo dimensioni scaglie delle specie esaminate

Le scaglie prodotte da ramaglia fine presentano spesso pezzi interi di rametti che possono provocare malfunzionamento alle coclee di alimentazione delle caldaie, le quali devono pertanto essere a griglia mobile. Sono soprattutto i rami secchi a fornire il materiale peggiore, in quanto tendono a spezzarsi e a produrre polvere (Spinelli, Nati, Magagnotti, 2004).

Nel campione analizzato si può notare che per quanto riguarda il pino domestico i valori dimensionali sono nella norma, ma i rametti, che rappresentano il 7% del campione, hanno lunghezza media elevata rispetto alle scaglie.

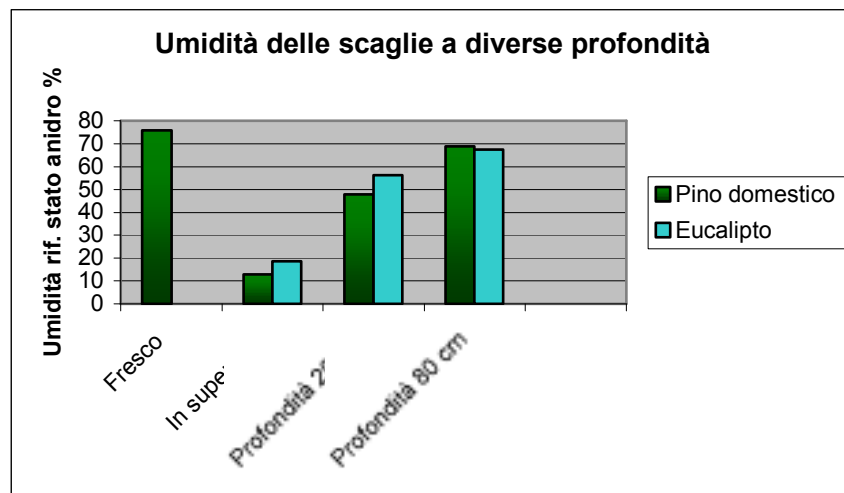
La sminuzzatura dell'eucalipto, fatta su materiale non contenente ramaglia, ha prodotto scaglie con minore lunghezza rispetto al pino domestico, ma includevano il 12 % di scaglie anomale di corteccia che, all'interno del campione, presentavano lunghezze medie di oltre 8 cm, materiale poco adatto per essere trascinato dalle coclee.

Le considerazioni relative all'umidità delle scaglie per usi energetici sono le stesse che riguardano la legna da ardere: in termini energetici, parte dell'energia contenuta nel legno deve essere utilizzata per far evaporare l'acqua al suo interno, con considerevoli perdite dell'efficacia di conversione energetica. Alcune caldaie hanno delle camere di pre-combustione che consentono una discreta perdita di umidità prima della combustione vera e propria.

In termini tecnici, il materiale sminuzzato umido tende a conglbarsi e a formare dei "ponti" all'interno del silo, che crollando possono danneggiare i sistemi di raccolta del materiale.

La citata raccomandazione del CTI identifica 5 tipologie di scaglie in base a differenti parametri di umidità, riferita allo stato anidro (20%, 30%, 40%, 55%, 65%).

All'interno dei mucchi dove sono stati prelevati i campioni di scaglie, sono state rilevate umidità crescenti verso l'interno del mucchio, che portano genericamente fenomeni di respirazione microbiologica e fermentazione, con perdita di materiale per deterioramento e attacco di funghi xilofagi.



Graf. 34 – Valori di umidità rif. stato anidro per le specie esaminate

Delle scaglie analizzate, solamente il campione fresco e quello prelevato a maggiore profondità supera i parametri indicati dal CTI per la commercializzazione.

Alcuni autori (Francescato, Antonini, 2004) suggeriscono la commercializzazione delle scaglie per uso energetico sulla base del loro **contenuto energetico**, che è in funzione non del volume, sulla base del quale avviene in Italia la vendita delle scaglie, ma del peso e del contenuto idrico.

Le scaglie ottenute dalla sminuzzatura dei residui del verde urbano possono anche porre qualche problematica di tipo “tecnico”: infatti le piante che crescono in prossimità di zone ad alto traffico accumulano sostanze inquinanti nella loro crescita. E' quindi possibile che nella combustione di tale materiale vengano sprigionate sostanze nocive alla salute umana.

Tale inconveniente può essere risolto preventivamente analizzando campioni di scaglie presso laboratori specifici, oppure utilizzando caldaie con appositi filtri di abbattimento di alcuni tipi di emissioni e particolati, dispositivi piuttosto comuni sulle moderne caldaie a biomassa presenti sul mercato.

9 Considerazioni conclusive e possibili sviluppi della ricerca

L'attuale organizzazione aziendale delle ditte osservate non consente una specializzazione a medio termine di un cantiere per la raccolta integrale delle masse legnose tagliate, ed è presumibile che le ditte stesse non siano interessate a conferire il materiale residuale ad eventuali centri specializzati per la sminuzzatura, in quanto il prezzo di tale assortimento risulterebbe non adeguato ai costi sostenuti per l'utilizzazione, il trasporto e lo scarico al piazzale per la sminuzzatura.

La soluzione più consona è rappresentata dalla presenza, a livello comprensoriale, di una ditta specializzata che effettui la sminuzzatura sul posto dopo che è stata realizzata la manutenzione delle piante.

Infatti la ditta manuttrice è in ogni caso obbligata dal contratto di appalto a "concentrare", ovvero ad accumulare le ramaglie in punti localizzati, e tali aree, direttamente adiacenti alle strade, sono sempre facilmente raggiungibili da una sminuzzatrice, sia essa portata o semovente.

Volendo ottimizzare l'operazione di manutenzione delle alberature stradali, anche in funzione del recupero della biomassa da destinare alla produzione di scaglie per uso energetico, si potrebbe immaginare un cantiere che produca come prodotto principale legna da ardere e sminuzzi gli scarti producendo scaglie, organizzato per velocizzare tutte le operazioni e minimizzare i tempi di permanenza, come mostrato nella figura 5.



Figura 5 – Organizzazione tipo del cantiere di manutenzione

La sminuzzatrice è applicata alternativamente a due camion, così da riempirne uno mentre l'altro effettua il trasporto delle scaglie. Questo permetterebbe di velocizzare il lavoro e diminuire i tempi di permanenza a bordo strada; occorre però verificare se la produzione di scaglie, in assenza di un contributo economico per l'operazione svolta, possa remunerare i maggiori costi sostenuti.

A tale scopo occorrerebbe una radicale riorganizzazione della cantieristica applicata, la cui produttività è limitata da fattori particolari, quali la limitata disponibilità di spazio per l'allestimento del cantiere, l'ostacolo rappresentato da edifici e altri manufatti e la necessità di ridurre al minimo il periodo di permanenza del cantiere per ovvi motivi di circolazione stradale e quiete pubblica. Questo impedisce il ricorso a grosse macchine, soprattutto se queste devono lavorare affiancate. In ogni caso, la fase di lavoro che condiziona le prestazioni dell'intero cantiere è la potatura: questo è un lavoro complesso, che richiede l'impiego di attrezzature particolari (cestello)

e procede abbastanza lentamente. E' difficile poter velocizzare in modo adeguato questa operazione, e qualsiasi miglioramento apportato sulla filiera a valle resta comunque marginale.

Quanto detto finora vale, ovviamente, solo per quelle alberature poste lungo le strade ed in prossimità di abitazioni, colture in atto, ecc., dove il lavoro subisce l'azione penalizzante dei fattori sopra elencati. Il discorso è diverso per le alberature extraurbane o situate lungo i canali, dove si può applicare una cantieristica più propriamente forestale. In tal caso, occorre distinguere tra abbattimento di piante e loro potatura – situazioni molto differenti per difficoltà e potenzialità produttiva.

In futuro potrebbe quindi risultare utile approfondire i dati di produttività di altri cantieri peculiari in ambito cittadino, in quanto vi è la sensazione che tale tipologia di cantieri sia ancora in fase di crescita, e non ancora considerata come cantiere forestale vero e proprio, pur se in ambito urbano.

Un fattore importante da tenere in considerazione nell'utilizzo energetico dei biocombustibili ligno-cellulosici è la disponibilità temporale di essi nell'arco delle stagioni.

Per quanto riguarda la produzione di biomassa proveniente dalle potature di alberature o fasce frangivento questa avviene, in linea di massima, durante tutto l'anno. Le leggi e i regolamenti regionali non impongono, per questo tipo di formazioni, periodi specifici di taglio e potatura ma solo indicazioni ed accortezze (es. eseguire potature nel periodo primaverile o tardo estivo rende soggette le piante all'inoculo di parassiti fungini). Nel caso inoltre di interventi di manutenzione straordinaria, come quelli che riguardano le fasce frangivento, non è fissato alcun periodo, in quanto si tratta di interventi di “somma urgenza”.

Una filiera “legno-energia” basata sull'utilizzo delle alberature urbane o periurbane non è quindi soggetta ad una variabilità stagionale di

principio, mentre rimane dipendente dalla effettiva frequenza delle operazioni di manutenzione.

Va sottolineato però che, per una migliore gestione ed utilizzazione del materiale per finalità energetiche, è consigliabile stoccare le ramaglie in centri di raccolta almeno per un tempo congruo, in modo da far perdere umidità al materiale e renderlo maggiormente adatto alla combustione in caldaia ove si preferisce materiale che non superi il 30-35% di umidità.

Stoccare per un lungo periodo di tempo (5-6 mesi) le scaglie fresche può provocare, in particolare nel periodo estivo, delle fermentazioni, con decadimento della qualità e quantità del combustibile. La ramaglia si conserva molto meglio tal quale, perde più velocemente l'umidità in quanto le foglie continuano a traspirare acqua (Spinelli, Nati, Magagnotti, 2005) e, al momento della richiesta, questa può essere sminuzzata e trasportata in centrale dove verrà utilizzata nel breve tempo (circa 2 settimane).

Per fare ciò è necessario avere ampi spazi di stoccaggio del materiale in quanto molto voluminoso. Pertanto sorge la necessità di avere dei centri di raccolta, che possano fungere da collettore e luogo di stagionatura del materiale.

La qualità, ai fini energetici, delle scaglie derivanti da tale materiale, comprensivo di ramoscelli e foglie, è senz'altro minore di quella ottenibile esclusivamente dalla legna da ardere, ed a tal fine, in una successiva indagine presso l'Università degli Studi della Tuscia, sarà verificato il potere calorifico inferiore ed il tenore in ceneri dei singoli campioni.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 2001 –Approvvigionamento di biomasse ad uso energetico, bilanci economici ed ambientali in ambito urbano: l'esperienza di Environment Park Torino, Environment Park SpA, Torino;
- AA:VV, 2003 – Biocombustibili, specifiche e classificazione. Raccomandazione CTI elaborata da SC 9 “Fonti rinnovabili di energia”. CTI, Milano;
- AA.VV., 2000 – Biomasse agricole e forestali ad uso energetico. Atti convegno DiMAF, UNIF, Alleron (TR);
- AA.VV., 2003 – Come produrre energia dal legno, Quaderno ARSIA 3/2003;
- AA.VV., 2004 - Energia da biomasse. Stato dell'arte del settore nazionale delle biomasse e opportunità di sviluppo, in Regioni e Ambiente, anno V, n°11, Novembre 2004, pp. 24-27;
- AA.VV., 2004 - La chiusura del cerchio sostenibile. Aspetti strategici e di sviluppo per l'uso energetico delle biomasse, Atti del Convegno, Milano 22 settembre 2004;
- AA. VV – Le potature in ambiente urbano. Manuale per tecnici del Verde Urbano, Capitolo 8, Città di Torino;
- AA.VV., 2001 – Piano Energetico della Regione Lazio. Regione Lazio, Roma;
- AA.VV., 2002 – Rapporto rifiuti 2001. APAT, Roma;
- AA.VV., 2006 – Rapporto rifiuti 2005. APAT, Roma;
- AA.VV., 2004 – Rapporto sulle biomasse per l'energia e l'ambiente, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, ITABIA;
- AA.VV., 2005 – La filiera dei biocombustibili solidi nella regione Lazio, ARSIAL
- AA.VV., 2002 – Principali problematiche relative all'utilizzazione energetica della biomassa, Regione Lombardia, Progetto interregionale PROBIO “Normativa amica”;

- Alisciani F., 2004 – Potature Urbane a fini energetici, Tesi di laurea Università degli Studi della Tuscia, Viterbo;
- Baldini S., Cividini R., Currò P., 1977 - La riunione FAO-ECE-ILO in Finlandia sulla raccolta e utilizzazione della biomassa forestale, Cellulosa e Carta n. 12, Roma;
- Baldini S., 1986 - Forest biomass for energy in EEC Countries from harvesting to storage, proceedings of European workshop held in Marino (Rome);
- Baldini S., Barbagallo A., Brucchioni M., 1999 – Biomasse forestali per uso energetico, estratto da “Valorizzazione energetica delle biomasse agro-forestali” . I Georgofili. Quaderni IV;
- Bartolelli V., Disponibilità di biomasse sul territorio italiano e aspettative reali di sfruttamento,
- febbraio 2003, pp. 1-11;
- Bernetti G., La marca O., 1986 – Elementi di dendrometria. SCAF Ed., Poppi (AR);
- Blankenhorn P.R., Bowersox T.W., Murphey W.K.,1978 - Recoverable energy from the forest: an energy balance sheet, Tappi 61 (4), 57-60;
- Bronzi A., La Marca O., Pasquini V., 1987 – La coltivazione dell’Eucalitto nell’Agro Pontino. Cellulosa e Carta 3/1987;
- Cavazza L., 1983 - Output and input analysis in energy balance of agricultural production, Riv. di Agr., 17;
- Ferrari G., 1988 – Confronto di metodi di determinazione del volume della corteccia su piante in piedi in alcune specie da legno a rapido accrescimento. Quaderno di ricerca 19/88, SAF, Roma;
- Ferrari G., 1988 – Influenza dell’umidità e della densità basale sul potere calorifico del legno. Quaderno di ricerca 21/88, SAF, Roma;

- Ferrari G., 1991 – Indagine sulle caratteristiche del legno di alcune specie di eucalipto. Quaderno di ricerca 31/91, SAF, Roma;
- Finocchiaro A., Martini P., Aspetti giuridici e amministrativi relativi all’acquisizione ed alla gestione degli impianti termici a biomasse, a cura dell’Assessorato Politiche per la Montagna e Foreste della Regione Piemonte, Torino 2001;
- Franchi P., 1998 - La potatura nelle piantagioni di conifere: strumenti, produttività e considerazioni, Tesi di laurea Università degli Studi della Tuscia, Viterbo;
- Gambetta A., Orlandi E., 1990 - On biodeterioration of whole-tree chips of coppice during storage, da Biomass for energy, industry, and environment, Elsevier applied Science, London and New York;
- Giordano G., 1981 – Tecnologia del legno, UTET, Torino;
- Hellrigl B., 2005 – Osservazioni energetiche sulla stagionatura del legno. Aula magna 6/2005. Compagnia delle foreste, Firenze;
- M.A.F., I.S.A.F.A., 1988 - Inventario Forestale Nazionale 1985, Roma;
- Pari L., 2002 – Valorizzazione energetica delle biomasse agricole laziali. ISMA, Monterotondo (RM);
- Pollini C., Baldini S., 2000 - A use of biomass for tele-heating: the case of South Tirol. Atti del seminario “Forest residuals; problems and possibilities in southern Europe” Miranda do Corvo, Portogallo;
- Riva G., Carbone G., 1986 - E’ fattibile in Italia l’utilizzazione energetica dei boschi? Problemi e sintesi delle valutazioni sulle risorse forestali con particolare riferimento ai cedui, Rivista di Ingegneria Agraria, 4, 242-250;
- Riva G., Fiala M., Mazzetto F., 1988 - L’impiego delle fonti energetiche rinnovabili nell’agricoltura italiana: quali tecnologie e limiti di convenienza, Rivista di Ingegneria Agraria, 1, 9-21;

- Riva G., Pellizzi G., Fiala M., 1994 – Potenzialità energetiche da biomasse nelle regioni italiane. AIGR-ENEA, Milano;
- Rossi V., 2004 – Classificazione del cippato e della legna a scopo energetico. In Sherwood 05/2004;
- Sanesi G., 2001 – Stato dell’arte della regolamentazione del verde urbano in Italia. Atti del convegno “La regolamentazione del verde urbano 2001. Università degli Studi di Bari;
- Semenzato P., 2003 – Un Piano per il verde. Pianificare e gestire la foresta urbana. Signum, Padova;
- Spinelli R., Koffmann P., 2001 - Indagine sulla cippatura in Italia, Contributi scientifico-pratici n.XLI, CNR IRL, Firenze;
- Spinelli R., Nati C., Magagnotti N., 2004 – Raccolta di legno cippato dalle giovani peccate artificiali del feltrino. CNR-IVALSA, Firenze;
- Spinelli R., Ricci F., 1998 – Il recupero dei residui di utilizzazione, in Monti e boschi 01/98;
- Spinelli R., Spinelli R., 1995 - La raccolta delle coltivazioni energetiche legnose, Legno Cellulosa Carta n.2, Ed. Sallustiana;

RINGRAZIAMENTI

Il presente lavoro è stato condotto presso il Dipartimento di tecnologia, ingegneria e scienze dell'Ambiente e delle Foreste dell'Università della Tuscia di Viterbo seguendo gli insegnamenti del Prof. Sanzio Baldini, mio tutore.

L'attività di ricerca nei tre anni di corso di dottorato è stata possibile anche grazie a ITABIA, Italian Biomass Association, che ha reso tra l'altro disponibili le proprie strutture e competenze per la mia formazione.

L'organizzazione dei cantieri sperimentali ha visto la collaborazione della ditta ECOFLORA srl, con sede in Roma.

Desidero pertanto porgere vivi ringraziamenti a:

Prof. Sanzio Baldini, per la guida nell'impostazione e correzione di tutto il lavoro;

Prof. Antonio Leone, Direttore del Dipartimento DAF;

Prof. Gianluca Piovesan, Coordinatore del Corso di Dottorato in Scienze e Tecnologie per la gestione Forestale e Ambientale;

Giuseppe Caserta, Presidente ITABIA, per il sostegno morale e materiale nell'esecuzione della ricerca;

Vittorio Bartolelli, vice-Presidente ITABIA, per la fiducia negli anni;

Andrea Scarpini, Matteo Monni e Filippo Stirpe, miei "consiglieri", per la *pazienza* negli anni;

Fabrizio Mulas, responsabile della ditta ECOFLORA, per la collaborazione ai rilievi presso i cantieri.

Viterbo, marzo 2007

Chiara Artese