



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

**FACOLTÀ DI AGRARIA**

**Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali**

TESI DI LAUREA IN TECNOLOGIE FORESTALI E AMBIENTALI

**Produttività, costi e qualità nell'approvvigionamento  
di cippato ad uso energetico.**

**Un'indagine su dieci cantieri della Magnifica Comunità di Fiemme.**

*Relatore:*

*Prof.* DAVIDE MATTEO PETTENELLA

*Correlatori:*

*Dott.* STEFANO GRIGOLATO

*Dott.* GIORGIO BEHMANN DELL'ELMO

*Laureando:*

**MASSIMO NEGRIN**

*Matricola n. 534075*

ANNO ACCADEMICO 2008- 2009



## **RINGRAZIAMENTI**

Si ringrazia:

- La Magnifica Comunità di Fiemme, in particolare il Dott. Giorgio Behmann Dell'Elmo e il Dott. Stefano Cattoi;
- la ditta Piazzi, in particolare il titolare Fausto Piazzi, per la gentile collaborazione e la piena disponibilità;
- Yuri Gori per l'ospitalità e i preziosi consigli;
- Marco Pellegrini e Andrea Sgarbossa per il prezioso aiuto in fase di vagliatura dei campioni;
- Anna Simonetto per la revisione del testo e per il sostegno morale;
- Marta Negrin per l'aiuto in fase di stesura della tesi.



*Ai miei Genitori*



## INDICE

Riassunto.....	11
Summary.....	11
1      Introduzione.....	13
1.1   La produzione di cippato .....	13
1.2   Obiettivi .....	15
2      Materiali e metodi .....	17
2.1   La filiera foresta - legno della Magnifica Comunità di Fiemme.....	17
2.2   La cippatrice.....	18
2.2.1   Descrizione.....	18
2.2.2   Autocarro e gru per l'alimentazione.....	22
2.3   Studio dei cantieri di cippatura .....	22
2.4   Studio dei metodi di lavoro .....	24
2.4.1   Analisi dei tempi di lavoro (ST).....	24
2.4.2   Determinazione della produttività del cantiere.....	28
2.5   Utilizzo della scheda di cantiere .....	28
2.6   Metodologia di analisi per la determinazione della convenienza dei cantieri di cippato .....	29
2.6.1   Elaborazione del modello per la definizione della convenienza al prelievo di cippato .....	29
2.6.2   Analisi del costo orario di cippatura.....	30
2.7   Determinazione della qualità del cippato.....	35
2.7.1   Criteri di valutazione della qualità della pezzatura del cippato .....	37
3      Risultati dei cantieri di cippatura.....	39
3.1   Cantiere numero 1 (località Val Deserta – Predazzo - TN) .....	39
3.1.1   Studio dei tempi del cantiere .....	39
3.1.2   Studio della produttività del cantiere.....	40
3.2   Cantiere numero 2 (Lago di Tesero - TN) .....	41
3.2.1   Studio dei tempi del cantiere .....	42
3.2.2   Studio della produttività del cantiere.....	43
3.3   Cantiere numero 3 (Trento).....	45
3.3.1   Studio dei tempi del cantiere .....	45

3.3.2	Studio della produttività del cantiere.....	46
3.4	Cantiere numero 4 (Cermis di Tesero - TN).....	48
3.4.1	Studio dei tempi del cantiere .....	48
3.4.2	Studio della produttività del cantiere.....	49
3.5	Cantiere numero 5 (Moena - TN) .....	50
3.5.1	Studio dei tempi del cantiere .....	50
3.5.2	Studio della produttività del cantiere.....	51
3.6	Cantiere numero 6 (Cadino di Molina di Fiemme - TN).....	52
3.6.1	Studio dei tempi del cantiere .....	52
3.6.2	Studio della produttività del cantiere.....	53
3.7	Cantiere numero 7 (Pinzolo – TN).....	54
3.7.1	Studio dei tempi del cantiere .....	55
3.7.2	Studio della produttività del cantiere.....	55
3.8	Cantiere numero 8 (E.N.E.C.O. Predazzo – TN).....	57
3.8.1	Studio dei tempi del cantiere .....	57
3.8.2	Studio della produttività del cantiere.....	58
3.9	Cantiere numero 9 (Cermis di Tesero – TN) .....	59
3.9.1	Studio dei tempi del cantiere .....	59
3.9.2	Studio della produttività del cantiere.....	60
3.10	Cantiere numero 10 (S. Martino di Lupari – PD) .....	61
3.10.1	Studio della produttività del cantiere.....	62
3.11	Confronto tra cantieri a diversa logistica.....	64
3.11.1	Studio dei tempi di lavoro .....	64
3.11.2	Studio della produttività .....	65
3.12	Risultati finali dello studio dei tempi dei cantieri .....	66
3.13	Risultati finali dello studio sulla produttività dei cantieri.....	68
3.13.1	Produttività in relazione al tipo di materiale .....	71
3.13.2	Variazione della produttività in funzione dell'usura delle lame.....	72
4	Risultati sulla valutazione della convenienza dell'approvvigionamento di cippato .....	73
4.1.1	Costo orario della cippatrice .....	75
4.1.2	I ricavi ottenuti dall'approvvigionamento di cippato .....	76
4.2	Analisi di reattività su alcune variabili del modello.....	77



4.2.1	Tipologia di materiale .....	77
4.2.2	Distanza del cantiere dal deposito macchina .....	79
4.2.3	Ipotesi del raggiungimento di una produttività ideale .....	80
4.2.4	Contributo del P.S.R. sull'acquisto della macchina .....	82
5	Risultati relativi alla qualità del cippato .....	83
5.1	Contenuto idrico e densità del materiale .....	83
5.2	Pezzatura del materiale.....	85
5.3	Relazione tra usura delle lame, tipologia di materiale, e pezzatura del cippato .....	87
6	Discussione .....	89
6.1	Studio dei metodi di lavoro .....	89
6.2	Produttività .....	90
6.2.1	Classificazione del materiale .....	90
6.2.2	Usura delle lame .....	91
6.3	Convenienza dell'approvvigionamento di cippato .....	91
6.4	Qualità del cippato.....	93
6.4.1	Contenuto idrico .....	93
6.4.2	Pezzatura .....	93
7	Conclusioni .....	95
	Bibliografia .....	97
	Allegati .....	99



## **RIASSUNTO**

La pianificazione delle operazioni di approvvigionamento di biomassa ad uso energetico è alla base di uno sviluppo sostenibile della filiera foresta – legno – energia. Questo lavoro ha l'obiettivo di analizzare dettagliatamente la fase di cippatura della biomassa legnosa attraverso lo studio di dieci cantieri della Magnifica Comunità di Fiemme (TN). L'analisi della produttività, dei costi e della qualità di questi cantieri ha permesso di definire degli scenari d'impiego tipici dell'attività di cippatura. Lo studio dettagliato delle varie fasi lavorative permette una organizzazione più efficiente e remunerativa dei cantieri. L'analisi deve essere articolata in diverse fasi, da quella di descrizione del cantiere, con un'attenta valutazione del materiale da lavorare, a quella della pianificazione delle lavorazioni e dell'ottimizzazione della logistica dei trasporti. Sono queste le fasi prese in considerazione nel lavoro di tesi valutando costi, rese e produttività delle operazioni di cippatura.

## **SUMMARY**

In the supply of biomass to energy use, the planning of operations is the basis for sustainable development of forest - wood – energy spinneret. This work aims to analyze in details the chipping stage of woody biomass through the study of ten yards of Magnifica Comunità di Fiemme (TN). The productivity, cost and quality analysis of these yards allowed to define the typical scenarios of chipping activity. The detailed study of the various phases work allows a more efficient and profitable yard's organization. The analysis should take place in several stages, from the description of the yard, with a careful evaluation of material to process, to the planning process and it optimize the logistics of transport. These are the steps considered in this thesis work, considering costs, yields and productivity of chipping operations.



## 1 INTRODUZIONE

La filiera delle biomasse legnose a scopi energetici, o *filiera legno-energia*, riveste oggi un ruolo di fondamentale importanza nell'ambito delle politiche di sviluppo delle energie rinnovabili. La filiera legno-energia si basa su quanto il territorio locale può offrire secondo il principio della sostenibilità ambientale e della valorizzazione delle risorse forestali locali (Francescato e Antonini, 2004). Per questo motivo, nel contesto nazionale, le biomasse legnose a fini energetici sono da sempre intimamente legate al territorio con un rapporto di interdipendenza e di reciproca valorizzazione (Francescato, 2002): da un lato il territorio fornisce le biomasse come materia prima, dall'altro la promozione di queste ultime contribuisce alla tutela e alla manutenzione dello stesso (ITABIA, 2002).

L'organizzazione e il coordinamento della filiera legno-energia sono aspetti di base per il successo della stessa: infatti, uno dei limiti più evidenti che in passato ha frenato lo sviluppo di un impiego razionale delle risorse legnose a fini energetici è stato proprio l'assenza di una strutturazione completa delle filiere e il mancato coordinamento tra la logistica degli approvvigionamenti (Cicarese *et al.*, 2003), la commercializzazione e l'impiego finale della biomassa. Attualmente le tecnologie più avanzate e le innovazioni di gestione dei processi produttivi, assieme alla necessità di ridurre i crescenti costi sostenuti per coprire i fabbisogni energetici, stanno motivando l'interesse a livello nazionale ed europeo verso le energie rinnovabili.

L'impiego delle biomasse legnose a fini energetici ha visto un marcato interesse proprio a partire dal settore forestale. Questa crescita di interesse è stata favorita da alcune evoluzioni tra cui:

- l'introduzione di innovazioni di processo nell'organizzazione dei cantieri e della logistica delle utilizzazioni forestali (Cavalli, 2008);
- una meccanizzazione forestale che ha visto nuove innovazioni di prodotto e il miglioramento in termini di produttività ed ergonomia di molte macchine e attrezzature (Cavalli, 2008);
- la diffusione di impianti a biomasse ad alta efficienza nella produzione di energia termica ed elettrica, anche su piccola e media scala (Cavalli *et al.* 2007b).

La filiera di approvvigionamento di biomassa ad uso energetico è connessa alla domanda di cippato da parte delle centrali che ne fanno utilizzo e alla reperibilità di materiale nel territorio circostante. La fornitura del servizio di cippatura ad opera delle imprese forestali può essere attuabile solo se resa conveniente da un impiego annuo della macchina tale da consentire la sostenibilità dei costi di produzione e dalla presenza dei centri di destinazione nei pressi dei siti di lavorazione (Cavalli *et al.*, 2007a).

### 1.1 LA PRODUZIONE DI CIPPATO

Secondo la Norma UNI CEN/TS 14961 (2005) il cippato è un biocombustibile legnoso che si ricava dal processo di cippatura delle biomasse legnose. La cippatura consiste nella riduzione del

legno in frammenti irregolari, detti *chips*, lunghi dagli 8 ai 60 mm (Spinelli, 2000), ad opera di una macchina sminuzzatrice (cippatrice). Il materiale destinato alla cippatura è solitamente legname di poco pregio o non commerciabile (botoli o tondame deprezzati dall'attacco di *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.), legname che può essere ricavato dalle cure colturali (diradamenti), da scarti di utilizzazioni (ramaglie e cimali) o da scarti di segheria (sciaveri e refili). La cippatura permette quindi di impiegare come combustibile materiale legnoso di basso o nullo valore commerciale che altrimenti sarebbe problematico da smaltire o gestire.

La cippatura è quindi spesso un'alternativa possibile per l'utilizzazione di materiale legnoso altrimenti senza mercato (Fabiano e Piegai, 2007). Una destinazione razionale di questo materiale, previa un'attenta valutazione sui costi di approvvigionamento e produzione, può incrementare il reddito o ridurre la perdita economica dovuta ad interventi di utilizzazione a macchiatico negativo.

Secondo Hippoliti e Piegai (2000) e Spinelli (2000), la pratica della cippatura in ambiente forestale può consentire di ottenere una serie di vantaggi che si riversano sia sul migliore sfruttamento dei quantitativi utilizzati con il recupero degli scarti, sia in termini di sicurezza. Infatti la pratica della cippatura può favorire la scelta dell'esbosco a pianta intera o a fusto parzialmente sramato, dato che i residui a bordo strada possono essere facilmente cippati. Questo aspetto favorisce una maggiore sicurezza per gli operatori in quanto le operazioni dei cantieri risultando altamente meccanizzate, modificano le scelte in fase di pianificazione (esbosco per mezzo di gru a cavo, sramatura e depezzatura a bordo strada per mezzo di processori portati su trattore o escavatore, cippatura "fissa" su strada e scarico diretto su autocarro o trattore).

A sfavore della pratica della cippatura del materiale forestale giocano i seguenti elementi:

- la domanda di cippato forestale non è diffusa omogeneamente sul territorio (sia in termini quantitativi che di tipologia di utilizzatore) e tantomeno presenta un trasparente indice di prezzo di mercato;
- nell'intento di produrre cippato in modo continuativo e competitivo si ha la necessità di disporre di macchine cippatrici innovative e di una certa potenza che siano in grado di garantire un lavoro sicuro e produttivo e i costi elevati di queste macchine costringono le imprese a cercare di impegnare le macchine per un numero di ore annue sufficiente a tenere bassi i costi orari;
- spesso i cantieri forestali richiedono l'impiego della macchina per piccoli quantitativi da cippare. Questa situazione non è adatta all'impiego di macchine di grossa potenza che possono essere convenientemente utilizzate solo su consistenti quantitativi di materiale da lavorare.

Oltre a questo è necessario considerare che le risorse per la produzione di cippato forestale hanno solitamente una distribuzione non concentrata in maniera puntuale nel territorio e non sono costanti nel tempo (Fedel, 2008). Il materiale da cippare si distribuisce quindi in modo disomogeneo su diversi piazzali di deposito o imposti nei pressi delle superfici forestali (Grigolato, 2007; Gronalt e Rauch, 2007; Spinelli *et al.*, 2007). Questo aspetto richiede una pianificazione razionale dell'approvvigionamento al fine di rendere efficaci tutte le varie fasi lavorative: dalla utilizzazione e predisposizione del materiale a bordo strada, alla cippatura fino alla organizzazione

della logistica dei trasporti e dello stoccaggio. È quindi evidente che le problematiche proprie dell'approvvigionamento di cippato forestale proveniente dal bosco sono radicalmente diverse rispetto a quelle dell'approvvigionamento di cippato proveniente dal comparto di prima lavorazione (segherie).

Oltre che alla fattibilità del cantiere e ai probabili costi di approvvigionamento, la possibilità di produrre cippato di origine forestale dipende anche dalle esigenze di qualità dell'utilizzatore. Per piccoli impianti con alimentazione a coclea la pezzatura è il principale fattore di criticità (Hartmann *et al.*, 2001), a differenza dei grandi impianti industriali, i quali utilizzano anche cippato di qualità più scadente acquistandolo ad un prezzo inferiore. La qualità del cippato è uno dei fattori sul quale sempre di più viene stabilito il prezzo finale di vendita, il quale varia appunto a seconda del tipo di acquirente. Per questo motivo cresce l'importanza di poter valutare a priori le caratteristiche del prodotto che si andrà ad ottenere, in modo da pianificare e indirizzare le operazioni di approvvigionamento di cippato verso una logistica di filiera efficace e remunerativa.

La qualità del cippato viene valutata in base a due parametri principali: lo stato igrometrico e le dimensioni delle scaglie secondo la Norma UNI CENT/TS 14774-1 (2005) e la Norma UNI CEN/TS 15149-1 (2006). Queste caratteristiche variano a seconda del tipo di cippatrice utilizzata (Spinelli *et al.*, 2004), della specie legnosa, del tipo di materiale lavorato (rami, fusti o scarti di segheria) e del periodo di essiccazione che questo subisce prima della lavorazione. Altri fattori meno significativi che influenzano la qualità del cippato sono: l'usura delle lame, la griglia di calibrazione utilizzata sulla cippatrice e la presenza di materiale non idoneo alla cippatura.

## **1.2 OBIETTIVI**

L'azienda forestale della Magnifica Comunità di Fiemme (MCF) svolge un'attività di cippatura nei territori di sua proprietà ed estende questo servizio mediante appalti conto terzi. La determinazione del costo orario della cippatrice, la quantificazione della sua produttività e la valutazione della tipologia di materiale da lavorare, sono prerogative fondamentali in sede di progettazione preliminare dell'intervento di cippatura. Alla luce di tali considerazioni il seguente studio nasce dall'esigenza della MCF di valutare dettagliatamente la sua attività di cippatura al fine di pianificare in modo più efficace le operazioni di approvvigionamento di biomassa ad uso energetico.

In particolare sono stati individuati i seguenti obiettivi:

- la determinazione della produttività della cippatrice in contesto alpino, attraverso lo studio di dieci cantieri differenziati per organizzazione e tipologia di materiale lavorato;
- l'individuazione dei costi orari d'impiego della macchina e valutazione sulla convenienza dell'approvvigionamento di cippato;
- la determinazione della classificazione merceologica e qualitativa del cippato in relazione al tipo di materiale;
- la definizione di scenari d'impiego tipici.





## 2 MATERIALI E METODI

### 2.1 LA FILIERA FORESTA - LEGNO DELLA MAGNIFICA COMUNITÀ DI FIEMME

La Magnifica Comunità di Fiemme (MCF) è un'azienda agricolo-forestale che gestisce un patrimonio silvo-pastorale di 19.566 ettari di terreno di cui 12.579 coltivati a bosco, con una provvigione totale media di circa 350 m<sup>3</sup>/ha. Ogni anno nelle foreste di proprietà della MCF si tagliano circa 46.000 metri cubi di legname da opera. L'utilizzazione ed il trasporto del prodotto legnoso avvengono mediante l'affidamento a ditte specializzate della valle (circa una trentina). A questi si aggiungono la sessantina di operai della MCF che vengono impiegati nei lavori di manutenzione del patrimonio (strade, edifici rurali, ecc.), nelle cure colturali e nei primi diradamenti. Il legname viene condotto alla segheria di proprietà della Magnifica Comunità di Fiemme, situata a Ziano di Fiemme (TN), dove viene impiegato per la produzione di tavole, materiali di imballaggio, travature o materiale destinato alle cartiere.

Dal 2005 con l'acquisto di una cippatrice (modello Jenz HEM 560 D) si è attivato il settore di recupero delle biomasse legnose di scarto a fini energetici, il quale ha attivato una filiera foresta – legno – energia. La scelta dell'avvio di questa attività nasce dalle opportunità offerte dal territorio circostante; nel circondario della valle di Fiemme infatti negli ultimi anni sono stati installati tre impianti di teleriscaldamento a biomasse legnose (Cavalese, Predazzo e S. Martino di Castrozza) con una domanda di circa 85.000 metri steri di cippato annui. La breve distanza tra gli impianti di combustione e le foreste diventa quindi uno dei presupposti economici più importanti per operare in maniera integrata, sotto un'attenta organizzazione di tutte le fasi della filiera. Oltre a questo si è aggiunta la necessità di dover impiegare un sistema di raccolta e cippatura in bosco degli scarti e dei prodotti legnosi meno pregiati non oggetto di vendita e la possibilità di estendere l'attività di cippatura nei confronti di terzi su piazzali di deposito o di segheria.

Tra i fattori che hanno determinato la scelta di questa cippatrice si ricordano in particolare:

- la possibilità di garantire elevati livelli di produttività;
- la necessità di fornire un cippato di qualità, ma allo stesso tempo, di tenere conto dei vincoli imposti dal territorio;
- l'esigenza di un mezzo con pesi contenuti per consentire il montaggio su un autocarro a tre assi e favorire una soddisfacente mobilità nella rete di viabilità forestale;
- la risposta ad un'organizzazione attenta e modulabile a seconda del tipo di cantiere e dell'utilizzo che se ne avrà del materiale (Behmann *in verbis*, 2007).

## **2.2 LA CIPPATRICE**

### *2.2.1 Descrizione*

La macchina cippatrice di proprietà della MCF studiata in questo lavoro è una Jenz serie HEM 560 D. Questa macchina è stata progettata per la cippatura di materiale organico derivante da attività agricole o forestali. La macchina è dotata di un motore endotermico turbo a gasolio indipendente, raffreddato a liquido e posizionato sul fianco della zona di cippatura. La trasmissione di potenza all'albero del rotore è di tipo meccanico e avviene tramite cinghie di materiale sintetico antiusura unite da una speciale copertura antiusura. Il motore del tipo diesel OM 457 / LA a sei cilindri è fornito dal costruttore Daimler Chrysler (Mercedes Benz) ed eroga una potenza di 335 kW.

Tabella 2.1. Dati tecnici della cippatrice Jenz HEM 560 D

Componenti	Unità di misura	Valore	Descrizione
<u>Motore</u>			
Costruttore			Daimler Chrysler (Mercedes Benz)
Tipo			motore diesel OM 457 / LA
Numero cilindri			6 in serie
Potenza	kW / PS	335 / 455	
Capacità serbatoio gasolio	l	600	
Raffreddamento			acqua / antigelo
Filtro aria			a secco
Impianto elettrico	V	24	
Batterie	V/A	2 x 12 /110	collegate in serie
<u>Dimensioni e pesi</u>			
Larghezza B	mm	2550	pneumatici 385/65 R22,5
Altezza H	mm	3470	senza gru di carico
Peso totale macchina	t	13,3	t senza gru
<u>Alimentazione materiale</u>			
Tipo di convogliamento			Rullo ad altezza regolabile
Tipo di convogliamento inferiore			Nastro ad elementi metallici e un rullo dentato
Larghezza di alimentazione	cm	100	
Diametro tronchi	cm	fino a 56	in caso di legno tenero
Velocità di alimentazione	m/min	0 - 19,3	
Azionamento			Idraulico
<u>Rotore trituratore</u>			
Diametro	mm	820	
Larghezza	mm	1000	
Numero di giri (N)	giri/min	697,4	
Ventilatore			
Diametro	mm	1000	
<u>Coclea trasportatrice</u>			
Numero di giri (N)	giri/min	263,8	
Diametro coclea (D)	mm	350	
<u>Rullo di convogliamento inferiore</u>			
Diametro	mm	291	
Velocità periferica (v)	m/min	35,9	
Rullo di convogliamento superiore			
Diametro	mm	291	
Velocità periferica (v)	m/min	35	
<u>Impianto idraulico</u>			
Pressione di mandata	bar	30 - 180	
Pressione di ritorno	bar	0,5 - 1,8	
Pressione di intervento valvola sicurezza	bar	180	
Temperatura di esercizio	°C	50 - 70	
Capacità serbatoio olio idraulico	l	250	

### Alimentazione del materiale

Il materiale da tritare viene inserito per mezzo di una gru meccanica nella tramoggia di alimentazione. Questo viene trascinato verso la bocca di triturazione tramite un nastro inferiore a tapparella in acciaio ed un tamburo superiore di altezza regolabile; entrambi i sistemi sono dotati di denti di aggancio per garantire la presa sul materiale, inoltre un rullo superiore esercita una notevole pressione sul materiale aumentando la presa e il trascinamento verso il rotore di triturazione.

L'inversione del senso di marcia in modo indipendente di entrambi i sistemi di caricamento facilita l'operazione di riduzione in scaglie del materiale, specie se di grosse dimensioni, in quanto l'avanzamento dello stesso materiale verso la camera di triturazione è regolato in modo tale da consentire una velocità di avanzamento il più possibile costante.

Il sistema di alimentazione è azionato da motori idraulici e la velocità di rotazione è variabile in continuo per entrambi i sensi di marcia.

La tramoggia di alimentazione realizzata in materiale metallico antiurto, è posta ad un'altezza di 1,5 m dal piano di campagna per favorire il caricamento con la gru. La tramoggia è di tipo mobile ed è comandata idraulicamente nel posizionamento della cippatrice per la fase di trasporto.

### Apparato di triturazione

All'interno dell'apparato di triturazione viene tritato il materiale introdotto dal rullo di alimentazione. L'apparato di triturazione consiste in un rotore, dotato di una serie di coltelli inbullonati lungo la sua circonferenza intersecati con due sistemi di controcoltelli fissi. Dietro il motore è montata una griglia di calibrazione che può essere intercambiata, con la funzione di recuperare il materiale non completamente tritato. In tutti i cantieri è stata utilizzata sempre la medesima griglia con maglie di dimensione 80x80 mm.

### Trasporto del materiale tritato

Il materiale tritato viene asportato tramite la coclea principale situata al di sotto della griglia. La coclea trasporta il materiale in modo regolare fino alla centrifuga di espulsione montata lateralmente. Anche il materiale disperso viene convogliato alla coclea principale mediante un sistema di coclee secondarie. La centrifuga ad alta velocità infine scaglia il materiale all'esterno attraverso il tubo di scarico orientabile in modo da permettere il suo posizionamento. Anche la gittata dello scarico può essere regolata sollevando o abbassando il tubo di scarico e il *clapet* di uscita.

### Limiti d'impiego

La macchina può tritare tronchi fino ad un diametro massimo di 56 cm; la larghezza massima di alimentazione invece è pari a 100 cm.

### Manutenzione

La sostituzione delle lame di taglio rappresenta il principale intervento di manutenzione. Tale operazione è possibile solo grazie all'allentamento della bulloneria di fissaggio delle lame. Questo

comporta tempi relativamente ridotti (10–15 min.) per sostituire l'intero set di coltelli, che può variare da 10 a 20 (solitamente 12).

#### Autopulizia del filtro dell'aria del motore

Attraverso una particolare depressione viene creata un'aspirazione che esegue la pulizia del filtro dell'aria motore. Questo esclude il pericolo d'intasamento del filtro dell'aria in condizioni critiche di triturazione.

#### Radiocomando:

I principali comandi della macchina, oltre che dal quadro di comando, possono essere effettuati anche da un radiocomando a 12 canali. Grazie al dispositivo IBC (*Intelligent Bite Control*) è possibile regolare la velocità dei nastri di alimentazione, portando ad un risparmio dei consumi.

#### Lubrificazione:

La macchina è munita di un sistema di lubrificazione centralizzato per le parti più importanti, compreso il nastro di avanzamento del materiale nella bocca di alimentazione. Per le restanti componenti meccaniche la lubrificazione viene fatta manualmente dall'operatore nei punti d'ingrassaggio.

#### Piedi di appoggio:

La cippatrice è stata dotata di un dispositivo PRIS-MAG per il trasporto di carrozzerie intercambiabili omologato dal Ministero dei Trasporti, il quale permette di scarrare la stessa cippatrice dal telaio dell'autocarro.

L'allestimento è costituito da:

- quattro cilindri perimetrali preposti al sollevamento e all'abbassamento della macchina dagli appositi fermi di ancoraggio;
- cilindro centrale preposto all'innesto e al disinserimento della macchina sul telaio
- fermo di sicurezza;
- perni laterali per l'ancoraggio della macchina al sistema intercambiabile
- pattini antiusura fissati sul telaio del veicolo;
- il cuore dell'impianto intercambiabile è costituito dal gruppo di innesto movimentato del cilindro centrale di traslazione.

Il funzionamento è reso possibile da un unico sistema idraulico alimentato da una pompa con serbatoio dell'olio. Con l'inserimento della presa di forza viene azionato il dispositivo intercambiabile che fa muovere la pompa, la quale fa sollevare con i piedini l'intera struttura della cippatrice. La motrice può quindi procedere in avanti sfilando il cassone da sotto la macchina lasciando la cippatrice sollevata da terra in posizione di sosta. Ciò consente all'utilizzatore l'uso incondizionato della motrice.

### 2.2.2 Autocarro e gru per l'alimentazione

L'autocarro sul quale è montato la cippatrice è un modello Volvo FM 12 460 CV e dispone di un sistema scarrabile che non lo vincola all'uso esclusivo con la cippatrice. Lo stesso autocarro, infatti, viene anche utilizzato dal proprietario per lavori propri dell'azienda, di cui è titolare, quali trasporto di legname e di materiali di scavo in seguito al montaggio sull'autocarro di un altro cassone a sua volta scarrabile.

La gru utilizzata per l'alimentazione della cippatrice è montata sull'autocarro e azionata dallo stesso, ha uno sbraccio di undici metri, il massimo disponibile sul mercato e supportato da quel tipo di autocarro. Questo permette minimi spostamenti dell'autocarro, diminuendo così tempi morti della cippatrice e quelli di attesa dell'autocarro per il trasporto, qualora presente. La postazione di lavoro sulla gru è dotata di cabina chiusa e condizionata, poiché la produzione di polveri durante la cippatura e il rumore costituiscono un serio problema per l'ergonomia dell'operatore. Oltre a questo la cabina permette di lavorare anche con condizioni climatiche poco agevoli.

### 2.3 STUDIO DEI CANTIERI DI CIPPATURA

Con lo scopo di valutare la produttività e i costi orari della cippatrice, sono stati rilevati dieci cantieri di cippatura, nove dei quali localizzati in provincia di Trento e uno in provincia di Padova.

La cippatrice della MCF solitamente lavora nel comprensorio di Fiemme. Qui infatti è presente una forte richiesta del servizio di cippatura e un'alta domanda di cippato da parte delle centrali. Numerosi sono infatti i cantieri che sono stati organizzati negli ultimi anni entro un raggio di approvvigionamento di 30 km dalle centrali. L'attività di cippatura della MCF tuttavia non è strettamente vincolata ai territori e alle risorse della Val di Fiemme. Sette dei dieci cantieri esaminati si sono svolti in piazzali di deposito all'interno del comprensorio di Fiemme (entro un raggio di venticinque chilometri) o direttamente nel piazzale di deposito delle centrali, mentre altri tre sono stati eseguiti conto terzi al di fuori di questo, precisamente a Trento (città), Pinzolo (TN) e S.Martino di Lupari (PD).

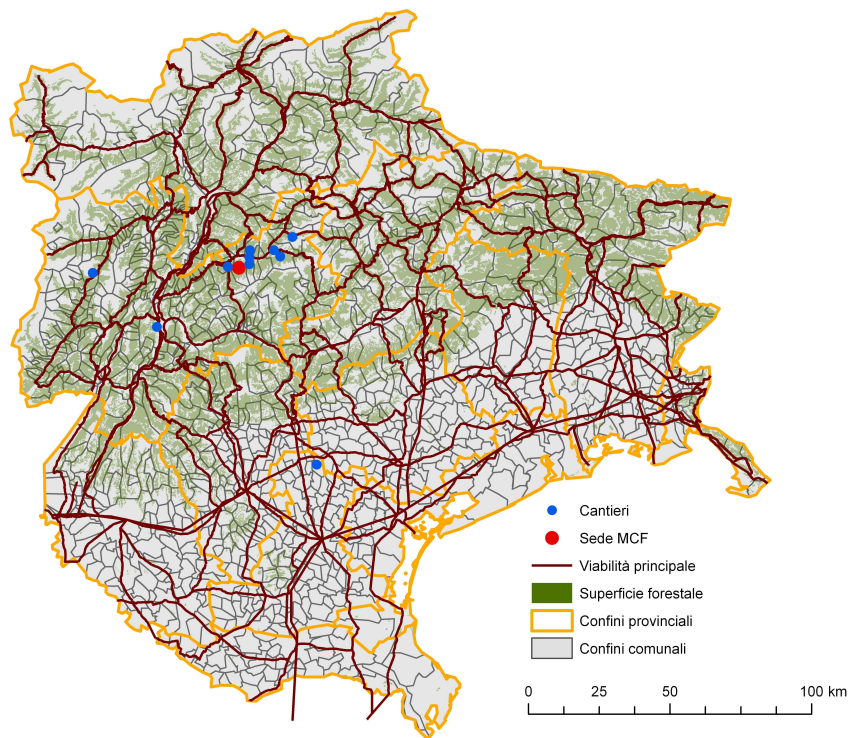


Figura 1. Localizzazione geografica dei cantieri di cippatura e della sede della M.C.F.

Ogni cantiere è stato cronometrato in tutte le sue fasi in modo dettagliato e i volumi di riferimento sono stati stimati sulla capacità degli autocarri, di volume noto, con i quali veniva conferito il materiale, previa cippatura (vd. Allegato 2). Nel caso del mancato riempimento del cassone a fine cantiere, il volume è stato stimato ocularmente dall'operatore della macchina o dai trasportatori (in ogni caso personale esperto del settore). Nell'unico caso in cui il materiale è stato cippato a terra, sono state misurate le dimensioni dei cumuli di cippato (circonferenza e altezza) con l'utilizzo di una cordella metrica e stadia; da queste misure è stato approssimato e determinato il volume del "cono". Oltre a questo è stato consultato l'operatore della macchina, il quale ha fornito una stima volumetrica visiva prossima a quella ottenuta con le misurazioni (questo è stato valutato come l'unico metodo possibile da applicare in queste condizioni).

## **2.4 STUDIO DEI METODI DI LAVORO**

Le analisi dei tempi per la stima della produttività dei dieci cantieri si sono basate sulla metodologia dello studio dei metodi di lavoro. Lo studio dei metodi (SM) riguarda la determinazione del tempo di lavoro di una operazione ed è definito come “la sistematica, la raccolta, l’analisi e l’esame critico dei sistemi per compiere un dato lavoro” (International Labour Office, 1967).

Nel dettaglio lo studio dei metodi segue la seguente procedura:

- definizione delle attività produttive da sottoporre ad analisi;
- raccolta e registrazione dei fatti rilevanti riguardanti il processo produttivo generale in cui si inserisce l’attività da sottoporre ad analisi;
- elaborazione schematica delle osservazioni del processo produttivo generale e realizzazione del successivo diagramma di flusso;
- individuazione e campionamento dei cantieri di lavoro relativi all’attività produttiva analizzata;
- rilievo mediante osservazione diretta coadiuvata e registrazione schematica delle caratteristiche rilevanti riguardanti i singoli cantieri di lavoro;
- elaborazione delle osservazioni dirette riguardanti i singoli cantieri e realizzazione del relativo schema di processo;
- esame critico dei fatti.

La base dell’analisi è il ciclo produttivo nel quale si realizza la produzione, integrato da ulteriori rilievi e descrizioni riguardanti gli specifici ambienti di lavoro e condizioni stazionali della zona operativa, i quali hanno ulteriormente contribuito a definire un quadro ancora più esatto del sistema produttivo in esame e fornito utili informazioni nello studio delle correlazioni fra i diversi elementi che caratterizzano il ciclo produttivo (Pollini, 1983).

### *2.4.1 Analisi dei tempi di lavoro (ST)*

Lo studio dei tempi di lavoro (ST) riguarda l’osservazione dei tempi non produttivi e dei tempi produttivi standard delle operazioni di cippatura e trasporto e l’esame delle variabili ambientali aventi influenza su tali tempi. L’ora di lavoro standard è riferita al tempo standard di lavoro che è definito dall’International Labour Office (1967) come “il tempo, espresso in minuti standard, che si determina essere necessario ad un lavoratore medio, che lavora sotto una buona supervisione, in condizioni normali di fatica ed effettuando normali soste, per compiere un determinato lavoro di qualità fissata, seguendo il metodo prescritto”. In sostanza un’ora di lavoro standard rappresenta l’ora di lavoro medio di un cantiere rappresentativo composto da mezzi e lavoratori mediamente normali.



Lo ST nel dettaglio percorre la seguente procedura:

- scelta del metodo di rilievo;
- rilievo in campo delle attività produttive relative ai cantieri campionati;
- determinazione delle ore di rilievo normali;
- elaborazione dei dati rilevati;
- calcolo dei tempi produttivi standard e delle maggiorazioni riferite ai tempi improduttivi.

I tempi di lavoro sono stati rilevati secondo una metodologia di “secondo livello” (Berti *et al.*, 1989); gli scopi principali del rilievo sono:

- esaminare nel dettaglio le singole fasi di un’operazione o le singole operazioni di un lavoro, in modo da diminuire, se possibile i tempi morti;
- individuare l’incidenza delle singole fasi rispetto ai tempi netti e valutare di conseguenza su quali di queste convenga maggiormente intervenire con provvedimenti di razionalizzazione.

Il ciclo produttivo è stato scomposto in tutti i suoi elementi (e sub-elementi), e l’analisi dei tempi risultanti ha fornito indicazioni riguardo la scelta di una successione di operazioni o fasi rispetto ad un’altra. Per il rilievo dei tempi è stata quindi utilizzata una *tabella cronometrica* dotata di tre cronometri (segnalanti il tempo in centesimi di minuto, invece dei secondi, in modo da evitare la trasformazione dei secondi in minuti nei vari calcoli in fase di elaborazione dei dati): il primo misura il tempo totale del cantiere, il secondo e il terzo vengono rispettivamente uno attivato e l’altro fermato al susseguirsi di ogni fase lavorativa, in modo da poter trascrivere il tempo dell’operazione appena terminata (vd. Allegato 2). L’indagine così strutturata consente quindi di individuare e determinare la ripartizione delle singole operazioni e fasi di lavoro con i vari tempi morti nel dettaglio. I tempi di lavoro sono stati distinti in base alla classificazione proposta da Berti *et al.* (1989) come segue in Figura 2.

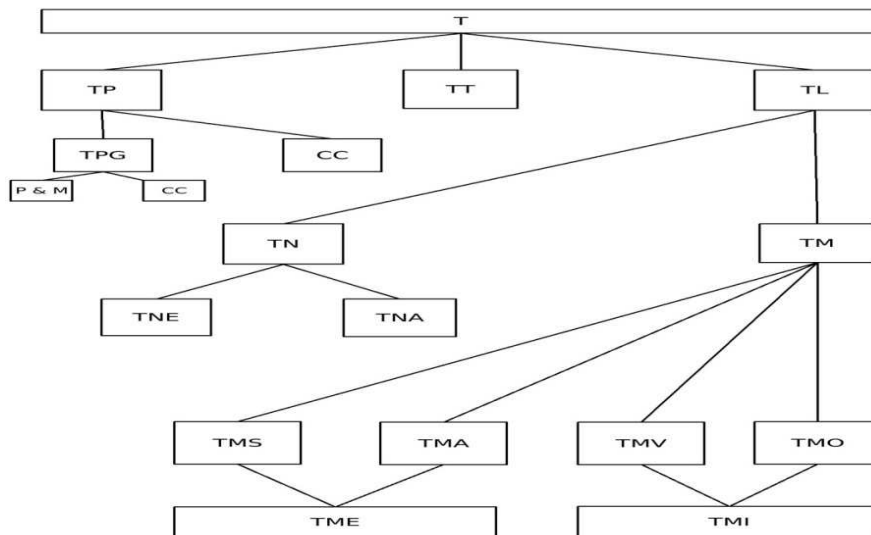


Figura 2. Schema riassuntivo della classificazione dei tempi di lavoro proposta da Berti *et al.* (1989)

- T = Tempo totale a disposizione del lavoro;
- TP = Tempo di manutenzione e preparazione necessario all'inizio e alla fine del lavoro o periodicamente, per predisporre le attrezzature al loro funzionamento;
- TPG (PI,PF,M)= Tempo di manutenzione e preparazione giornaliera, cioè quella che si effettua tutti i giorni, normalmente all'inizio e alla fine del lavoro;
- CC = Tempo necessario al cambio dei coltelli della cippatrice;
- TT = Tempo di trasferimento;
- TL = Tempo lordo di lavoro, durante il quale uomini e mezzi sono presenti sul posto di lavoro per lo svolgimento di una o più operazioni;
- TN = Tempo di lavoro netto, durante il quale uomini e mezzi sono attivamente impegnati nello svolgere una delle operazioni alla quale è finalizzato il lavoro;
- TNE = Tempo di lavoro netto effettivo, durante il quale uomini e mezzi sono attivamente impiegati e viene effettuata una fase produttiva dell'operazione;
- TNA = Tempo di lavoro netto accessorio, durante il quale uomini e mezzi sono attivamente impegnati nel lavoro, ma non per eseguire una fase produttiva. In questo caso l'interruzione non va ad influenzare la produttività, ma è considerabile come un'inattività forzata, dovuta al carattere stesso del processo;
- TM = Tempo morto, durante il quale uomini e mezzi sono presenti sul lavoro, ma non vi sono impegnati;
- TMS = Tempo morto soggettivo dell'operatore mirante a fornire all'operaio la possibilità sia di riprendersi dagli effetti fisiologici e psicologici del consumo di energia durante l'esecuzione del lavoro, sia di soddisfare i propri bisogni;
- TMA = Tempo morto accidentale provocato dalle macchine o da altri inconvenienti. Sono stati considerati nella categoria TM per guasti, messa a punto, rifornimenti, ecc.. o da altri inconvenienti;
- TMO = Tempo morto dovuto all'organizzazione, ad esempio quando in una catena di lavorazione il rallentamento di una fase provoca l'arresto nelle fasi di lavoro ad esse collegata, quando è necessario spostare una macchina o quando ci si ferma per organizzare diversamente il lavoro;
- TMV = Tempo morto per cause varie, ad esempio per l'arrivo di visitatori sul cantiere di lavoro o per maltempo.

I tempi morti sono inoltre stati distinti in evitabili (TME) ed in inevitabili (TMI) al fine di definire quali fra questi possano essere ridotti o eliminati, con lo scopo di migliorare la produttività dei fattori impiegati nei diversi cantieri. Sono stati considerati evitabili (TME) il TMO e il TMV, mentre sono stati considerati inevitabili (TMI) il TMS e il TMA. La valutazione è stata considerata mediante la visione del supporto digitale.

L'analisi dei tempi di lavoro è stata condotta sull'intero ciclo produttivo di cippatura. Questo è stato calcolato come somma dettagliata di elementi registrati dal rilevatore che ha permesso l'individuazione oltre che della produttività del lavoro, anche l'incidenza delle singole fasi sul ciclo produttivo complessivo. Come suggerito da Pollini (1983), ogni elemento è stato a sua volta ricavato dall'insieme di sub-elementi ancora più restrittivi per dare un grado di precisione del rilievo ancora più approfondito (Figura 3).

Oltre ai tempi di lavoro sono stati registrati dati sulla quantità, sulle caratteristiche e sulle condizioni del materiale lavorato, oltre che sugli spostamenti effettuati dall'operatore e dalle macchine.

Ciclo produttivo	Analisi dettagliata per elementi			Analisi dettagliata per sub-elementi		
T	TP			PI		
	TT			PF		
				M		
	TN			CC		
				VA		
	TL	TNE		VR		
				CIP		
	TM	TNA		MM		
				MC		
		TME		AM		
				TM		
	TMI		R			
			AC			
	TMO			TM AC		
MM AC						
TMV						

Figura 3. Suddivisione in analisi dettagliata per elementi sub-elementi del ciclo produttivo.

*T = tempo totale; TP = Tempo di Preparazione; M+P = Manutenzione e Preparazione; CC = Cambio Coltelli; TT = Tempo di Trasferimento; TL = Tempo Lordo; TN = Tempo Netto; TNE = TN Effettivo; TNA = TN Accessorio; TM = Tempo morto; TME = TM Evitabile; TMS = TM Soggettivo; TMA = TM Accidentale; TMI = TM Inevitabile; TMO = TM dovuto all'Organizzazione; TMV = TM Vario.*

*PI = Preparazione Iniziale; PF = Preparazione Finale; M = Manutenzione; CC = Cambio Coltelli; VA = Viaggio di Andata; VR = Viaggio di Ritorno; CIP = Cippatura; MM = Movimentazione Materiale; MC = Movimentazione Cippatrice; AM = Assestamento Macchina; TM = Tempo Morto; R = Rottura; AC = Attesa Camion.*

#### 2.4.2 Determinazione della produttività del cantiere

La conoscenza dei costi d'impiego della macchina, quale strumento d'intervento preliminare, rende possibile la valutazione dell'economicità della tecnologia impiegata nella filiera e la razionalità dell'intervento effettuato.

L'unità di base di confronto in questo caso diventa il costo medio orario della macchina che è dato da costi fissi, costi variabili e costi di manodopera riferiti all'unità di tempo.

L'analisi dei costi tuttavia non tiene conto delle due variabili, tempi di lavoro e quantità di materiale lavorato a seconda della sua tipologia, che concorrono a determinare e a definire le caratteristiche generali dell'operazione. Di qui la necessità di tenere conto anche di questi fattori, ovvero della produttività del lavoro (Pollini, 1983).

Il parametro utilizzato per l'analisi di tipo economico nelle operazioni di cippatura è rappresentato dal costo medio unitario, cioè dal costo dell'unità di prodotto lavorato (*metro cubo stero*,  $m^3_{st}$  o *tonnellata*, t) nell'unità di tempo (*ora*, h). La produttività del lavoro è data dal rapporto fra unità prodotta e tempo.

L'analisi della produttività del lavoro svolto dalla cippatrice è finalizzata ai seguenti obiettivi:

- rendere il lavoro più razionale, eliminando operazioni non necessarie della macchina;
- introdurre metodi di lavoro più razionali;
- confrontare varie situazioni di lavoro per scegliere la più adeguata in un determinato contesto;
- calcolare i tempi e le produttività di lavoro standard per definire un modello sul quale basarsi per fare delle valutazioni *ex ante*.

#### 2.5 UTILIZZO DELLA SCHEDA DI CANTIERE

Al fine di monitorare l'attività di cippatura della macchina anche in futuro è stata predisposta una scheda che l'operatore dovrà sistematicamente compilare alla fine ogni di cantiere (vd. Allegato 1).

In questa scheda vengono riportati:

- informazioni generali e data del cantiere;
- tempi e distanze di percorrenza degli spostamenti della macchina;
- ore di lavoro;
- destinazione del cippato;
- volume lavorato ( $m^3_{st}$ );
- sostituzione dei coltelli;
- verifica delle manutenzioni.

La scheda di cantiere ha l'obiettivo di facilitare le future operazioni preliminari di pianificazione e di quantificare l'operato della cippatrice.

## **2.6 METODOLOGIA DI ANALISI PER LA DETERMINAZIONE DELLA CONVENIENZA DEI CANTIERI DI CIPPATO**

L'utilizzo dei residui delle utilizzazioni boschive per la produzione di cippato impiegato in caldaie o teleriscaldamenti è condizionato dal costo di approvvigionamento e dalla sostenibilità economica delle operazioni, elementi essenziali per la riuscita della filiera di produzione del cippato. L'organizzazione razionale del cantiere di cippatura è un fattore che rappresenta una voce importante nel costo finale del combustibile, assieme a quello del trasporto e della tipologia del materiale di partenza (Spinelli *et al.*, 2007). Nell'ambito dell'approvvigionamento di cippato forestale con il taglio di piante senza futuro o senza mercato (deprezzate da attacchi micotici o parassitari in genere), si ha la possibilità di produrre cippato forestale con costi inferiori ai ricavi nel caso in cui la dendromassa sia raccolta nel contesto di un'utilizzazione forestale per la produzione di tondame, in cui i costi vengono "caricati" sul prezzo del legname (Spinelli *et al.*, 2006). Se i costi non possono essere ammortizzati dalla produzione di tondame è necessario che il materiale di partenza offra un cippato di qualità particolarmente elevata, in modo da essere inserito nel mercato ad un prezzo più alto (questo accade per esempio con la lavorazione di piante intere ottenute da diradamento, lasciate stagionare prima della lavorazione).

Per supportare le indicazioni sulla possibile convenienza dell'approvvigionamento di cippato è stato predisposto un modello per confrontare il costo di cippatura (determinato in funzione della tipologia di materiale lavorato, distanza del cantiere dal luogo di ricovero della macchina, organizzazione del cantiere e distanza di conferimento del cippato) con diversi prezzi di mercato.

### *2.6.1 Elaborazione del modello per la definizione della convenienza al prelievo di cippato*

Per determinare la convenienza del cantiere di cippatura è necessaria l'individuazione dei costi e dei ricavi. In base ai risultati ottenuti mediante lo studio del lavoro, è possibile elaborare un modello, sulla base del modello di calcolo dei costi macchina proposto da Hippoliti (1997).

L'obiettivo è stato quello di determinare il ricavo ottenibile sull'unità di materiale prodotta, in funzione delle variabili di approvvigionamento.

Il modello, oltre al costo macchina unitario proposto da Hippoliti (1997), tiene conto delle seguenti variabili:

- costo orario dell'operaio (comprensivo anche di costo orario dell'autocarro e della gru);
- distanza del cantiere dal punto di partenza della cippatrice, calcolato sulla base dei dati sperimentali come percentuale del tempo di trasferimento (TT) sul tempo totale (T);
- produttività media oraria del cantiere ( $m^3_{st}/h$ ), esclusi i tempi di trasferimento;
- distanza di conferimento del cippato;
- costo iniziale standard del materiale grezzo.

I ricavi sono stati calcolati a seconda delle diverse ipotesi di mercato. Questo permette di capire con quale prezzo di acquisto del cippato l'approvvigionamento può essere remunerativo. Le possibili combinazioni di cippatura e occupazione della macchina considerate nel modello sono state valutate mediante lo studio del lavoro, mentre il conferimento del cippato, il suo prezzo di mercato e il costo orario dell'autocarro (qui compreso nel costo orario dell'operaio) sono stati

ricavati in base ai sistemi maggiormente utilizzati solitamente ed i relativi parametri di produttività sono stati tratti dalla letteratura (Spinelli *et al.*, 2007).

### 2.6.2 Analisi del costo orario di cippatura

L'elaborazione del modello ha richiesto la determinazione dei costi orari delle operazioni di cippatura. Queste sono state calcolate mediante un foglio di calcolo appositamente elaborato da Hippoliti, (1997), che permette di definire i costi orari delle operazioni forestali in funzione dei costi fissi e di quelli di esercizio valutati su dei parametri di calcolo specifici della macchina. Sono stati applicati degli adattamenti al modello per il caso specifico.

#### Parametri di calcolo

Il costo della macchina è stato calcolato in base al reale prezzo d'acquisto decurtato della quota di contributo comunitario fornita dal PSR allora in vigore, corrispondente al 50% sul costo della macchina stessa e del valore di recupero della macchina a fine ammortamento pari al 15% del valore a nuovo. Gli altri parametri di calcolo sono riportati in Tabella 2.2.

Tabella 2.2. Parametri di calcolo del costo orario della cippatrice HEM 560 D secondo Hippoliti (1997) .

<b>Parametro di calcolo</b>	<b>Simbolo</b>	<b>Unità</b>
Costo effettivo della macchina	Vt	€
Saggio d'interesse	r	
Prezzo gasolio	Pc	€/l
Prezzo lubrificante	Pl	€/l
Costo annuo materiali rapido consumo (pneumatici..)	Ra	
Periodo di reintegra	N	anni
Durata tecnica	D	h
Coefficiente di riparazione	s	
Spese varie (assicurazione, ricovero, tasse)	v	
Parametro per calcolo interessi	y	
Consumo giornaliero carburante	CCd	l
Consumo giornaliero lubrificante	CLd	l
Ore effettive di impiego al giorno	g	h/d
Giorni effettivi di impiego all'anno	G	d/anno
Ore effettive di impiego all'anno	n	h/anno

#### Calcolo dei costi fissi

I costi fissi si dividono in a = annui, d = giornalieri e o = orari. La quota annua di reintegra costituisce ciò che deve essere accantonato ogni anno per ricostituire il capitale necessario ad acquistare nuovamente la macchina al termine della sua vita economica, quando cioè si ritiene sia inutilizzabile o comunque obsoleta (Panattoni e Campus 1983).

Il periodo di reintegra o durata economica, *economic life* (N), di una macchina è il tempo in cui questa può lavorare con dei costi operativi contenuti e con una adeguata produttività.

La formula ricorrente per il calcolo della rata annua di reintegra è:

$$Aa = (Vt - Vr) / N$$

dove:

- $Vt$  = Investimento iniziale,
- $Vr$  = Valore di recupero, cioè il valore della macchina a fine periodo di vita economica.
- $N$  = Periodo di reintegra o durata economica in anni.

La quota oraria è pari a:

$$Ao = Aa / n$$

dove:

- $n$  = ore effettive di impiego all'anno.

Gli interessi ( $Ia$ ) rappresentano il prezzo d'uso del capitale. Il valore degli interessi è pari a:

$$Ia = (Vt - Vr) * y * r$$

dove:

- $y$  = parametro variabile = 0,5

Gli interessi, sono calcolati sul capitale immobilizzato durante il periodo di utilizzazione del mezzo tecnico: dal momento del suo acquisto fino al momento della sua sostituzione.

- $r$  = saggio di interesse.

Al fine del confronto su basi omogenee che si è voluto effettuare in questo studio, si è assunto un saggio di interesse del 3% al netto dell'inflazione corrente<sup>5</sup>. Come ricordato in letteratura (Merlo, 1991; Bernetti e Romano, 2007) sono diversi i criteri che possono ispirare la scelta del saggio di interesse: il saggio del capitale preso a prestito, il costo-opportunità del capitale in riferimento alle alternative che l'imprenditore ha per utilizzarlo in altri investimenti a parità di rischio, il saggio di preferenza temporale.

La quota oraria di interessi è:

$$Io = Ia / n$$

La quota annua per le spese varie ( $Sva$ ), che include voci come assicurazione, rimessaggio, imposte e tasse, ecc., viene espressa come percentuale del prezzo di acquisto della macchina.

$$Sva = Vt * v$$

La quota oraria di spese varie è:

$$Svo = Sva / n$$

Tabella 2.3. Parametri di calcolo dei costi fissi della cippatrice secondo Hippoliti (1997)

<b>Costi fissi</b>	<b>simbolo</b>	<b>Unità</b>
Quota reintegra annua	Aa	€/anno
Quota reintegra oraria	Ao	€/h
Quota annua interessi sul capitale	la	€/anno
Quota oraria interessi sul capitale	lo	€/h
Quota annua spese varie	Sva	€/anno
Quota oraria spese varie	Svo	€/h
Totale costi fissi annui	Cfa	€/anno
Totale costi fissi orari	Cfo	€/h

#### Calcolo dei costi variabili (Cv)

Per il calcolo del consumo orario di carburante (CCo), si rifà ai dati raccolti durante i dieci cantieri analizzati. Si basa sull'esperienza acquisita e sui reali impieghi della macchina e considera gli approssimativi Consumi giornalieri (CCd) che si possono avere nell'arco della giornata lavorativa (Piegai, 2000).

La formula ricorrente per il calcolo del consumo orario di carburante quindi è:

$$COC = cs * Pc$$

dove:

- cs = consumo specifico orario di combustibile.

Moltiplicando il consumo orario di carburante per il prezzo a litro del carburante (Pc) si ottiene il costo orario del carburante (COC).

Il consumo orario di lubrificanti (CLO) con il metodo Hippoliti viene ricavato sui consumi medi della macchina impiegata nelle varie lavorazioni e vengono considerati i consumi giornalieri (CLd) che mediamente si possono avere nell'arco della giornata lavorativa.

Moltiplicando il consumo orario dei lubrificanti per il prezzo a litro dei lubrificanti (Pl) si ottiene il costo orario dei lubrificanti (COL).

La quota giornaliera dei coltelli (CCd) viene calcolata sull'utilizzo medio giornaliero di un set di coltelli in base ai rilievi effettuati in campo moltiplicata per il costo unitario. L'usura di questi è valutata in base a osservazioni dirette in campo. La quota oraria viene calcolata dividendo la quota oraria (CC) per il numero di ore mediamente lavorate in una giornata. Manutenzioni e riparazioni (Mo): comprendono tutte le voci di costo elencate in precedenza, che vengono stimate come percentuale della reintegra oraria. Riparazioni e manutenzioni (M) (cioè i guasti meccanici che si possono verificare durante la durata tecnica della macchina) valutati facendo riferimento al prezzo di acquisto della macchina (Vt) per un coefficiente  $s = 0,8$  il cui valore cresce con l'intensità di impiego e con il periodo di reintegra della macchina.

La manutenzione giornaliera (Md) e quella oraria (Mo) sono stimate in base alle seguenti formule:

$$Md = (Vt/D) * g * s$$

$$Mo = Md/g$$



Tabella 2.4. Parametri di calcolo dei costi variabili della cippatrice secondo Hippoliti (1997)

<b>Costi variabili</b>	<b>simbolo</b>	<b>Unità</b>
Quota giornaliera manutenzioni e riparazioni	Md	€/d
Quota oraria manutenzione e riparazioni	Mo	€/h
Quota giornaliera carburante	COCd	€/d
Quota oraria carburante	COC	€/h
Quota giornaliera lubrificante	COLd	€/d
Quota oraria lubrificante	COL	€/h
Quota giornaliera materiale rapido consumo (pneumatici ...)	Rd	€/d
Quota oraria materiale rapido consumo (pneumatici ...)	Ro	€/h
Quota giornaliera Coltelli	CCd	€/d
Quota oraria coltelli	CC	€/h
Totale costi variabili giornalieri	Cvd	€/d
Totale costi variabili orari	Cvo	€/h

Essendo quella esaminata una particolare situazione lavorativa, per la forma contrattuale contoterzi applicata nell'utilizzo della macchina, sono state applicate altre varianti che modificano il modello dei costi al fine di renderlo il più possibile vicino alla reale situazione lavorativa in esame.

#### Forma di contratto con la ditta terzista

La MCF, proprietaria della cippatrice in questione, e aggiudicatrice degli appalti dei cantieri, affida l'utilizzo della macchina ad una ditta contoterzista che impiega un operaio specializzato. Il titolare è proprietario di una ditta di trasporto di legname operante prevalentemente nella Val di Fiemme. La MCF sostiene il costo della macchina e retribuisce una quota oraria all'operaio contoterzista con un premio al superamento di una determinata soglia di volume prodotto. La ditta terzista, proprietaria dell'autocarro scarrabile e della gru adibita al carico del materiale montata sullo stesso, deve sostenerne le spese.

#### Influenza del tempo di trasferimento sul tempo totale del cantiere.

A questo punto è stato necessario stimare empiricamente la quota oraria devolta all'operatore dalla cippatrice, che deve coprire le spese di manodopera dell'operatore stesso e il costo d'impiego sia dell'autocarro che della gru. Questo dato è stato approssimato al valore di 50 € orari.

La determinazione della percentuale di tempo impiegata nel trasferimento della cippatrice dal luogo di ricovero al cantiere è stata calcolata sul tempo complessivo del cantiere in base al rilievo dettagliato dei tempi.

Per ogni realtà operativa è quindi stata espressa la percentuale sul ciclo produttivo (T):

- percentuale media del TT (Tempo di Trasferimento) sul T (Tempo Totale), di tutti e dieci i cantieri analizzati,
- percentuale media del TT sul T, dei cantieri nel circondario della valle (entro 30 km),
- percentuale media del TT sul T, dei cantieri fuori circondario della valle (oltre i 30 km).

Sulle frazioni temporali attribuite al trasferimento è stato calcolato solamente il costo orario dell'operatore (e quindi implicitamente anche dell'autocarro e della gru di sua proprietà). Sulla

restante frazione temporale del cantiere, cioè quella del tempo lordo totale (T-TT) sono stati calcolati: il costo orario d'impiego della cippatrice e il costo orario dell'operatore.

Il calcolo del costo orario complessivo di cippatura sul tempo lordo complessivo (T-TT) è stato ottenuto dalla somma dei seguenti valori:

- quota oraria della cippatrice (calcolata in T-TT);
- quota oraria dell'operatore (calcolata in T-TT);
- quota oraria dell'operatore (calcolata in T) ridistribuita nelle ore lorde di lavoro (T-TT).

Costo totale orario:

$$CT = CM + CoCaCg + CoCaCg * K$$

Dove:

- CoCaCg = costo orario di operatore, autocarro e gru
- CM = costo orario macchina
- K = fattore di riduzione rispetto alla percentuale di tempo di trasferimento, sul tempo totale. K = 0,19; 0,26; 0,42 (entro 30 km, medio, oltre 30 km).

#### Costo di esbosco o prezzo di acquisto della materiale

Per fare una valutazione sulla convenienza dell'approvvigionamento di biomassa, è stato necessario fare delle considerazioni sul costo di esbosco o prezzo di acquisto del materiale di partenza. Questo costo è stato espresso in €/m<sup>3</sup> ed in seguito calcolato in tonnellate (t) con l'utilizzo di un coefficiente di peso specifico standard.

#### Costo di conferimento del cippato

Il costo di conferimento del cippato è stato calcolato attribuendo un valore al chilometro per metro stereo trasportato, considerata una capacità volumetrica standard del mezzo di trasporto pari a 85 m<sup>3</sup>.

#### Produttività oraria della cippatrice

Al fine di stimare il ricavo ottenibile dalla biomassa legnosa lavorata è stata calcolata una produttività media oraria in metri steri (m<sup>3</sup><sub>st</sub>) (rapportati in t con il coefficiente di peso specifico medio sperimentale) cippati in un'ora della macchina sul tempo totale decurtato del tempo di trasferimento (T-TT).

#### Prezzo di mercato del cippato

Il modello prevede l'attribuzione di un prezzo variabile di mercato del cippato. Vengono infatti proposte una serie di curve di ricavo netto dell'approvvigionamento di cippato, ognuna corrispondente a un diverso prezzo conferito. Il prezzo di mercato quindi va ad influire come variabile fondamentale sulla convenienza all'utilizzo della macchina e permette di capire con quale quantitativo minimo di ore annue lavorative sia remunerativo far operare la cippatrice in determinate condizioni logistiche.

Il modello è stato impostato sulla produttività media oraria ( $m^3_{st}/h$ ) che si ottiene da un determinato tipo di materiale nel tempo lordo complessivo (T-TT). Questo ha permesso quindi di fare delle valutazioni per ogni diverso scenario d'impiego, modulando, a seconda delle situazioni, le variabili sopra citate. I ricavi sono determinati dalla variabile del prezzo di vendita del cippato e dalle ore di utilizzo annue della macchina.

## **2.7 DETERMINAZIONE DELLA QUALITÀ DEL CIPPATO**

La ripartizione dimensionale e il contributo idrico rappresentano i parametri chiave per la corretta combustione del cippato in caldaie dedicate (Hartmann *et al.*, 2001). Entrambi costituiscono inoltre un aspetto rilevante in fase di stoccaggio, incidendo sulla conservazione del prodotto.

La qualità del cippato è uno degli aspetti essenziali nella produzione di biomassa: per una corretta sostenibilità della filiera legno energia è infatti necessario conoscere gli standard da utilizzare per la determinazione della qualità del cippato prodotto, acquistato o venduto. Per questo motivo è utile sapere come produrre cippato compatibile con determinati standard qualitativi.

La qualità del cippato è determinata da:

- la tipologia di materiale (specie, contenuto di fibra, dimensioni, presenza di materiale non legnoso);
- la distribuzione dimensionale delle particelle;
- il tenore idrico (GAL, 2007).

In questo studio vengono riportati i risultati effettuati dall'analisi della pezzatura di ventinove campioni di materiale raccolto nei dieci cantieri tramite vagliatura e del contenuto idrico degli stessi (vd. Allegato 3). Questi dati sono stati infine confrontati con i diversi parametri variabili quali: la tipologia di materiale cippato (specie, dimensioni e stato del materiale) e l'usura dei coltelli della cippatrice (calcolata in  $m^3_{st}$  di materiale lavorato).

### **Contenuto idrico del cippato**

Il tenore idrico è il parametro qualitativo di maggiore importanza poiché determina il valore calorico e la capacità di conservazione del legname cippato. Gli impianti con griglia fissa richiedono un cippato con un tenore idrico massimo intorno al 30-35%. Gli impianti a griglia mobile invece possono accettare cippato ben più umido, anche se è sempre preferito, e meglio retribuito un materiale secco che permetta una migliore resa energetica. Anche se gli impianti possono bruciare combustibile umido infatti, l'evaporazione dell'acqua contenuta nel cippato assorbe parte dell'energia disponibile, riducendo così l'energia netta effettivamente rilasciata allo scambiatore di calore. Inoltre, il cippato umido non si conserva bene, e se prodotto parecchio tempo prima di essere bruciato, è importante che il materiale utilizzato sia il più secco possibile.

Le determinazioni del contenuto di umidità e' stata condotta su tutti e 29 i campioni raccolti nei 10 cantieri. Questi sono stati conservati in sacchetti di plastica sigillati, portati in laboratorio e sottoposti a doppia pesata con una bilancia avente una precisione al decimo di grammo : a

campione fresco e dopo essiccazione in stufa ventilata per 48 ore a  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  secondo la Norma UNI CENT/TS 14774-1: 2005.

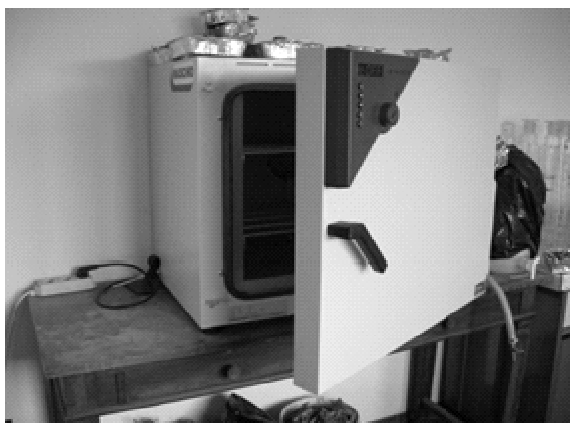


Figura 4. Stufa utilizzata per la determinazione del contenuto idrico dei campioni tramite essiccazione.



Figura 5. Bilancia elettronica utilizzata per la pesatura dei campioni

#### Densità del cippato

Per ognuno dei 29 campioni è stata calcolata la densità sullo stato umido del materiale, la medesima che aveva il cippato appena lavorato in cantiere. La densità è stata determinata con la pesatura del volume noto di 3 l di materiale, in una bilancia elettronica con precisione al decimo di grammo.

#### Pezzatura del cippato

La pezzatura del cippato condiziona la tipologia di impianto in grado di bruciarlo, e il modo in cui può essere immagazzinato. In particolare, la presenza di particelle sovramisura può pregiudicare l'utilizzo nelle centrali di piccole e medie dimensioni, che sono quelle che in genere pagano meglio il prodotto; d'altra parte, un cippato molto fine è più difficile da conservare.

Le dimensioni delle scaglie dipendono da diversi fattori e precisamente:

- dal materiale di partenza;
- dalla cippatrice utilizzata;
- dalle condizioni dei coltelli;
- dall'uso di particolari dispositivi di raffinazione (griglia di calibrazione).

Una buona qualità è raggiunta quando la maggior parte delle scaglie ricade nella classe di dimensioni medie, e il contenuto in sovramisure, rametti e polvere è ridotto al minimo o è del tutto assente.

Il materiale di partenza determina delle variazioni sulle dimensioni del cippato, per questo è importante pianificare le operazioni di approvvigionamento al fine di conferire ai diversi impianti la più appropriata tipologia di cippato che questi possono ricevere. Secondo le "Linee guida per lo sviluppo di un modello di utilizzo del cippato forestale a fini energetici" proposte dal GAL, (2007), il tondame specie se sramato, si presta meglio a fornire un cippato prevalentemente di dimensioni intermedie, a differenza della ramaglia che se secca tende a dare sovramisure in eccesso, se

fresca al contrario produce un numero eccessivo di sottomisure e polveri. Anche il tipo di specie legnosa può, in misura minore, influenzare la pezzatura del cippato, a seconda della densità e della durezza del legno.

In totale sono stati raccolti 29 campioni di cippato dai 10 cantieri analizzati. Ogni campione del peso variabile tra gli 800 e i 2000 g ca. (volume variabile tra i 3 e i 4 l) è stato portato in laboratorio e immagazzinato in una stanza ventilata per permettere la riduzione del contenuto idrico prima di procedere con la vagliatura; questo ha reso l'operazione più agevole evitando la conglomerazione delle particelle più fini. Una settimana dopo tutti i campioni sono stati vagliati con sei setacci ognuno con maglie quadrate diverse, aventi il lato di rispettive misure: 3,5; 8; 16; 45; 63; 100 mm. Sul fondo del vaglio sono state raccolte le frazioni inferiori ai 3,5 mm (sottomisure), secondo le indicazioni contenute nella Norma UNI CEN/TS 15149-1: 2006. Ogni campione è stato setacciato a mano sovrapponendo i vari setacci in ordine decrescente, imprimendo quattro mandate al vagliatore lungo due direzioni ortogonali tra loro per favorire la caduta del materiale per gravità. Infine la massa di materiale fermata da ogni setaccio è stata pesata con una bilancia elettronica con precisione al decimo di g. I dati sono stati inseriti in un modello matematico che ha calcolato la percentuale in peso di ogni frazione granulometrica sulla massa totale del campione, dando una risultante di sette diverse frazioni (incluso le sovramisure e le sottomisure). Inoltre dopo aver pesato la frazione corrispondente alle sovramisure è stato contato il numero di quest'ultime nel campione e misurata la sovramisura più lunga con un righello.

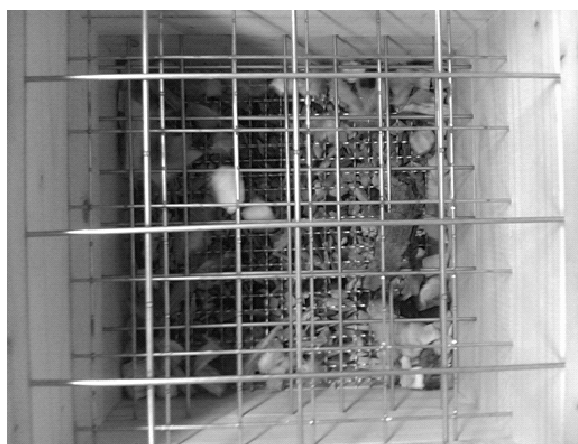


Figura 6. Vaglio e rispettivi setacci utilizzati per la determinazione della pezzatura dei campioni di cippato.

### 2.7.1 Criteri di valutazione della qualità della pezzatura del cippato

Secondo le Norme CEN/TS 15149-1: 2006 e CEN/TS 14961: 2005, il cippato è stato suddiviso in 5 classi dimensionali riportate in Tabella 2.5. L'attribuzione di un campione di cippato ad una particolare classe merceologica è determinata in prima istanza dalla frazione principale: l'80% del campione deve essere compreso tra la dimensione minima accettabile (3,15 mm) e quella massima (100 mm). La determinazione della classe viene stabilita con il raggiungimento del valore di 80 sulla percentuale cumulata dalle cinque frazioni dei setacci. Nel caso il valore di 80% della

frazione cumulata non venga raggiunto da queste classi il cippato non ottiene nessuna classificazione merceologica valida.

Tabella 2.5. Specifiche del cippato secondo le CEN/TS 15149-1: 2006 e CEN/TS 14961: 2005

Nome del setaccio	Frazione
	mm
sotto misure e polveri	< 3.5
1° setaccio	3.15-8
2° setaccio	8-16
3° setaccio	16-45
4° setaccio	45-63
5° setaccio	63-100
sovra misure	>100

### 3 RISULTATI DEI CANTIERI DI CIPPATURA

#### 3.1 CANTIERE NUMERO 1 (LOCALITÀ VAL DESERTA – PREDAZZO - TN)

Il cantiere è stato realizzato in località “Val deserta” Predazzo (TN). Questo era situato in un piazzale di deposito con facile accessibilità per l'autocarro con la cippatrice e per gli autoarticolati adibiti al trasporto del cippato. Il materiale lavorato era prevalentemente costituito da tondame e botoli (scarti di utilizzazioni forestali in vari tagli di maturità). Oltre a questo sono stati cippati anche volumi per un autocarro di ramaglia e uno di sciaveri provenienti dalla segheria di Ziano di Fiemme. Il materiale era stato accatastato mediamente un anno prima della lavorazione, in diversi momenti, per questo si presentava perlopiù secco, fatta esclusione per la ramaglia che era stata tagliata da poco. Il cippato è stato conferito con il primo autotreno di 93 m<sup>3</sup> alla centrale di S. Martino di Castrozza per una distanza di 30 km, mentre il restante materiale è stato trasportato fino alla centrale a biomassa E.N.E.C.O. di Predazzo a circa due chilometri di distanza, con l'alternanza di un unico autocarro provvisto di rimorchio su motrice avente un volume noto di 41 m<sup>3</sup>. La produttività è stata calcolata sul volume di questi carichi.

##### 3.1.1 Studio dei tempi del cantiere

Tabella 3.1. Tempo e percentuali rispettive di ogni fase lavorativa del cantiere N° 1.

	TEMPO	T		TP	TL	TN	TM	
	h	%		%	%	%	%	
<b>TOTALE</b>	9,47	<b>100</b>	<b>100</b>					
<b>TP</b>	0,88	9,26		<b>100</b>				
<b>M+P</b>	0,54		5,71	61,63				
<b>CC</b>	0,34		3,55	38,37				
<b>TT</b>	0,60	6,33	6,33					
<b>TL</b>	8,00				<b>100</b>			
<b>TN</b>	5,23	55,17			65,37	<b>100</b>		
<b>TNE</b>	4,89		51,61			93,54		
<b>TNA</b>	0,34		3,56			6,46		
<b>TM</b>	2,77	29,23			34,63		<b>100</b>	<b>100</b>
<b>TME</b>	0,15						5,45	
<b>TMS</b>	0,15		1,59					5,45
<b>TMA</b>	0,00		0,00					0,00
<b>TMI</b>	2,62						94,55	
<b>TMO</b>	2,62		27,64					94,55
<b>TMV</b>	0,00		0,00					0,00

*T = tempo totale; TP = Tempo di Preparazione; M+P = Manutenzione e Preparazione; CC = Cambio Coltelli; TT = Tempo di Trasferimento; TL = Tempo Lordo; TN = Tempo Netto; TNE = TN Effettivo; TNA = TN Accessorio; TM = Tempo morto; TME = TM Evitabile; TMS = TM Soggettivo; TMA = TM Accidentale; TMI = TM Inevitabile; TMO = TM dovuto all'Organizzazione; TMV = TM Vario.*

I tempi morti sono prevalentemente dovuti alla cattiva organizzazione del trasporto. L'alternanza dei mezzi di trasporto nella fase di carico del materiale costringeva la cippatrice a rimanere ferma in attesa del ritorno del primo autotreno disponibile sul quale caricare il materiale. Questo ha comportato una percentuale elevata di tempi di attesa. Il tempo del viaggio dell'autocarro comprensivo di andata e ritorno è stato stimato in media pari a 25 minuti, probabilmente non abbastanza alto per poter organizzare un trasporto alternato per mezzo di due autocarri.

### 3.1.2 Studio della produttività del cantiere

Tabella 3.2. Descrizione, produttività, consumi e distanze del cantiere N°1.

Cantiere N°	1
Località cantiere	Val Deserta - Predazzo (TN)
Tipologia di materiale	Tondame e botoli di scarto Sciaveri Ramaglia
Specie	Abete rosso e ontano
Origine	Taglio di maturità

Volume lavorato	$m^3_{st}$	421
Densità media	$t/m^3_{st}$	0,25
Massa lavorata	t	104,5
Contenuto idrico medio su 6 campioni	%	38,2

Tempo totale (T)	h	9,47
------------------	---	------

Produttività unitaria		$m^3_{st}/h$	t/h
	T	44,44	11,03
	T-TT	47,44	11,78
	TL	52,65	13,07
	TNE	86,10	21,38
	TNE	$sec/m^3_{st}$	41,81

Consumo totale carburante	l	258,57
---------------------------	---	--------

Consumo unitario carburante		l/h	
	TNE	52,88	
	T-TT	29,14	
	TNE	$l/m^3_{st}$	0,61

Distanza cantiere	km	18
Percorrenza tot.	km	36

Distanza unitaria	$km/m^3_{st}$	0,09
	km/t	0,34
	km/h	60

T = tempo totale; T-TT = Tempo Totale esclusi i Tempi di Trasferimento; TL = Tempo Lordo; TNE = TN Effettivo

Tabella 3.3. Carichi cantiere N°1.

Cassone	$m^3_{st}$	min	$m^3_{st}/h$	Materiale
1	38	36,73	62,07	R-T
2	55	46,54	70,91	T-ST-R
3	41	30,97	79,43	T
4	41	30,15	81,59	T
5	41	16,43	149,73	T
6	41	21,09	116,64	T
7	41	23,97	102,63	T-B
8	41	32,80	75,00	T-B-St
9	41	22,12	111,21	Re
10	41	32,58	75,51	T-B-R-St

<b>Tot.</b>	$m^3_{st}$	h	$m^3_{st}/h$
	421	4,89	86,10

T = Tondame; B = Botoli; St = Stangame; R = Ramaglia; Re = Refilli.



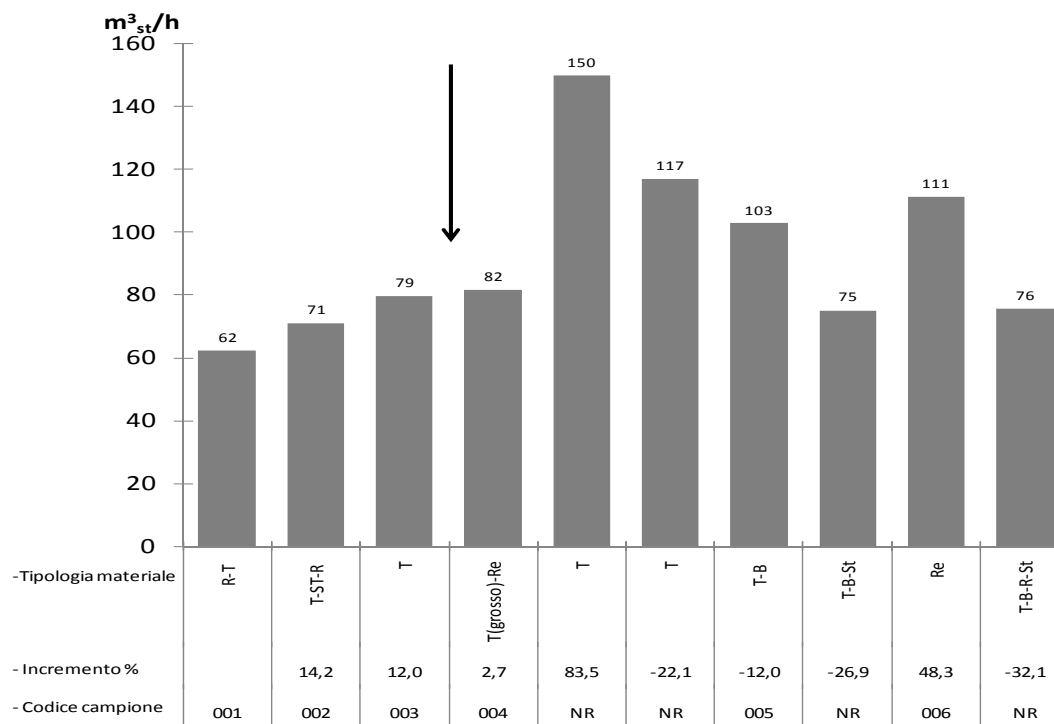


Grafico 3.1. Produttività di ogni singolo carico del cantiere. Si indica il momento della sostituzione dei coltelli. Si riporta la tipologia del materiale lavorato, l'incremento percentuale della produttività rispetto al carico precedente e il codice del campione di materiale. *T* = *Tondame*; *B* = *Botoli*; *St* = *Stangame*; *R* = *Ramaglia*; *Re* = *Refilli*.

Nel caso del quarto carico nonostante ci fosse stata la sostituzione dei coltelli, la produttività non è significativamente aumentata rispetto a quella del terzo carico. Questo fatto è dovuto alla lavorazione di materiale particolarmente grosso che ha rallentato il ciclo produttivo della macchina. Nel quinto carico infatti, con il ritorno del materiale simile a quello lavorato nel terzo carico, c'è stato un notevole incremento di produttività. Il penultimo carico ha avuto un incremento di produttività dovuto alla diversa tipologia di materiale lavorata.

### 3.2 CANTIERE NUMERO 2 (LAGO DI TESERO - TN)

Il cantiere è stato localizzato in località Lago di Tesero (TN). Questo era situato in un piccolo piazzale di deposito a bordo di una strada forestale. Il materiale di partenza era costituito da piante intere di abete rosso con diametro prevalente inferiore ai 17,5 cm, derivanti da un taglio di diradamento in un lotto di proprietà della M.C.F.. Il materiale è stato accatastato circa un anno e mezzo prima della cippatura, per questo motivo si è presentato con un basso tenore idrico. La viabilità del cantiere non è stata organizzata al meglio, la catasta del materiale infatti al momento dello scarico è stata depositata troppo in vicinanza della strada nonostante ci fosse la possibilità di lasciare più spazio per il transito, ostruendo, almeno per la parte iniziale del cantiere, il passaggio della cippatrice e dell'autocarro contemporaneamente. Questo ha portato ad un lieve aumento dei tempi morti dovuti all'organizzazione poiché prima dell'inizio e dopo la fine della fase di cippatura la macchina era costretta a spostarsi per far transitare l'autocarro. Un altro problema riscontrato in

questo cantiere è stata la presenza di sassi e sporcizia di vario genere all'interno del materiale, probabilmente in conseguenza ad un accatastamento non attento.

Il cippato è stato conferito fino al deposito di Lago di Tesero, a circa un chilometro di distanza, con l'alternanza di un unico autocarro provvisto di rimorchio su motrice avente un volume noto di 41 m<sup>3</sup>. La produttività è stata calcolata sul volume di questi carichi. Il tempo del viaggio dell'autocarro comprensivo di andata e ritorno è stato stimato in media di 20 minuti, probabilmente non abbastanza alto per poter organizzare un trasporto alternato regolare con due autocarri.

### 3.2.1 Studio dei tempi del cantiere

Tabella 3.4. Tempo e percentuali rispettive di ogni fase lavorativa del cantiere N°2.

	<b>Tempo</b>	<b>T</b>		<b>TP</b>	<b>TL</b>	<b>TN</b>	<b>TM</b>	
	<b>h</b>	<b>%</b>		<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	
<b>Totale</b>	10,29	<b>100</b>	<b>100</b>					
<b>TP</b>	1,31	12,72		<b>100</b>				
<b>M+P</b>	0,57		5,52	43,36				
<b>CC</b>	0,74		7,20	56,64				
<b>TT</b>	0,47	4,54	4,54					
<b>TL</b>	8,51				<b>100</b>			
<b>TN</b>	5,13	49,88			60,28	<b>100</b>		
<b>TNE</b>	4,69		45,59			91,40		
<b>TNA</b>	0,44		4,29			8,60		
<b>TM</b>	3,38	32,87			39,72		<b>100</b>	<b>100</b>
<b>TME</b>	0,54						15,87	
<b>TMS</b>	0,16		1,51					4,58
<b>TMA</b>	0,38		3,71					11,29
<b>TMI</b>	2,84						84,13	
<b>TMO</b>	2,84		27,65					84,13
<b>TMV</b>	0,00		0,00					0,00

*T = tempo totale; TP = Tempo di Preparazione; M+P = Manutenzione e Preparazione; CC = Cambio Coltelli; TT = Tempo di Trasferimento; TL = Tempo Lordo; TN = Tempo Netto; TNE = TN Effettivo; TNA = TN Accessorio; TM = Tempo morto; TME = TM Evitabile; TMS = TM Soggettivo; TMA = TM Accidentale; TMI = TM Inevitabile; TMO = TM dovuto all'Organizzazione; TMV = TM Vario.*

I tempi morti sono dovuti in gran parte alla logistica poco efficace e al surriscaldamento della macchina a fine giornata che ha comportato l'arresto dei processi lavorativi. Per far sì che la macchina lavorasse in condizioni migliori e per surriscaldare il motore meno possibile sono stati cambiati i coltelli, anche se non strettamente necessario ai fini del miglioramento della produttività del cantiere.

Tabella 3.5. Descrizione, produttività, consumi e distanze del cantiere N°2.

Cantiere N°	2
Località cantiere	Lago di Tesero (TN)
Tipologia di materiale	Piante intere
Specie	Abete rosso
Origine	Diradamento

Volume lavorato	$m^3_{st}$	379
Densità media	$t/m^3_{st}$	0,19
Massa lavorata	t	73,8
Contenuto idrico medio su 2 campioni	%	26

Tempo totale (T)	h	10,29
------------------	---	-------

Produttività unitaria		$m^3_{st}/h$	t/h
	T	36,84	7,17
	T-TT	38,59	7,51
	TL	44,52	8,67
	TNE	80,80	15,73
		$sec/m^3_{st}$	min/t
TNE	44,56	3,81	

Consumo totale carburante	l	228,28
---------------------------	---	--------

Consumo unitario carburante		l/h	
	TNE	48,67	
	T-TT	23,24	
		$l/m^3_{st}$	l/t
TNE	0,60	3,09	

Distanza cantiere	km	14
Percorrenza tot.	km	28

Distanza unitaria	$km/m^3_{st}$	0,07
	km/t	0,38
	km/h	60

T = tempo totale; T-TT = Tempo Totale esclusi i Tempi di Trasferimento; TL = Tempo Lordo; TNE = TN Effettivo.

### 3.2.2 Studio della produttività del cantiere

Tabella 3.6. Carichi cantiere N°2.

Cassone	$m^3_{st}$	min	$m^3_{st}/h$	Materiale
1	38	24,71	92,27	D
2	38	32,05	71,14	D
3	38	22,36	101,97	D
4	38	22,80	100,00	D
5	38	30,37	75,07	D
6	38	30,35	75,12	D
7	38	26,71	85,36	D
8	30	22,61	79,61	D
9	25	23,90	62,76	D
10	14	14,19	59,20	D
11	24	14,73	97,76	D
12	20	16,66	72,03	D

	$m^3_{st}$	h	$m^3_{st}/h$
<b>Tot.</b>	379	4,69	80,80

D = piante intere derivanti da Diradamenti.

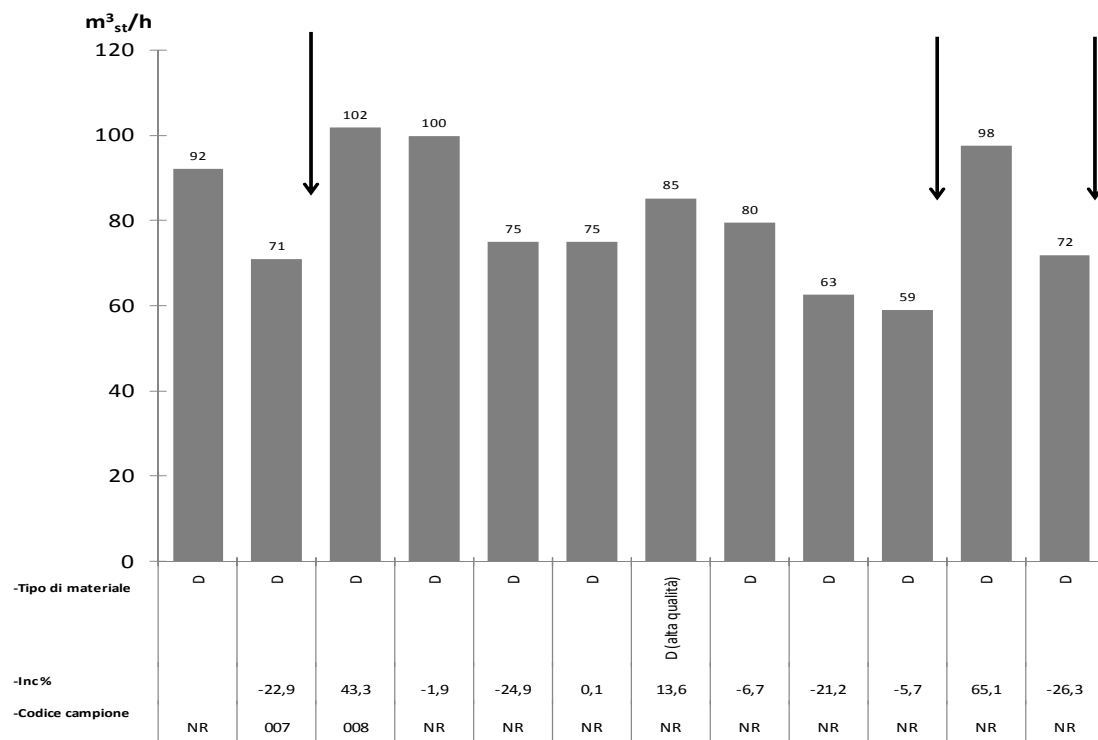


Grafico 3.2. Produttività di ogni singolo carico del cantiere. Si indica il momento della sostituzione dei coltelli. Si riporta la tipologia del materiale lavorato, l'incremento percentuale della produttività rispetto al carico precedente e il codice del campione di materiale. *D = piante intere derivanti da Diradamenti.*

### 3.3 CANTIERE NUMERO 3 (TRENTO)

Il cantiere è stato realizzato in località Trento (città). Questo era situato in un ampio piazzale di deposito, facilmente accessibile e raggiungibile dai mezzi. Il materiale lavorato derivava dal taglio di ventisette piante di ippocastano con diametro medio di 80 cm provenienti da un viale urbano. Le piante sono state accatastate pochi giorni prima della lavorazione e sono state cippate fino a un diametro di 55 cm, capacità massima della macchina. La logistica dei trasporti non si è dimostrata ottimale, in quanto si sono verificati tempi morti per l'attesa di un autotreno arrivato con circa quaranta minuti di ritardo. Il cippato è stato conferito con il primo autotreno alla centrale di S. Martino di Castrozza (93 m<sup>3</sup>) mentre il restante materiale è stato trasportato fino ad una centrale vicina con un secondo autotreno. La produttività è stata calcolata sulla capacità volumetrica di questi mezzi.

#### 3.3.1 Studio dei tempi del cantiere

Tabella 3.7. Tempo (h) e percentuali (%) rispettive di ogni fase lavorativa del cantiere N°3.

	Tempo	T		TP	TL	TN	TM	
	h	%		%	%	%	%	
<b>Totale</b>	9,21	<b>100</b>	<b>100</b>					
<b>TP</b>	0,92	10,02		<b>100</b>				
<b>M+P</b>	0,49		5,35	53,40				
<b>CC</b>	0,43		4,67	46,60				
<b>TT</b>	3,00	32,56	32,56					
<b>TL</b>	5,29				<b>100</b>			
<b>TN</b>	3,71	40,28			70,15	<b>100</b>		
<b>TNE</b>	3,30		35,84			88,99		
<b>TNA</b>	0,41		4,43			11,01		
<b>TM</b>	1,58	17,14			29,85		<b>100</b>	<b>100</b>
<b>TME</b>	0,24						14,99	
<b>TMS</b>	0,24		2,57					14,99
<b>TMA</b>	0,00		0,00					0,00
<b>TMI</b>	1,34						85,01	
<b>TMO</b>	1,34		14,57					85,01
<b>TMV</b>	0,00		0,00					0,00

T = tempo totale; TP = Tempo di Preparazione; M+P = Manutenzione e Preparazione; CC = Cambio Coltelli; TT = Tempo di Trasferimento; TL = Tempo Lordo; TN = Tempo Netto; TNE = TN Effettivo; TNA = TN Accessorio; TM = Tempo morto; TME = TM Evitabile; TMS = TM Soggettivo; TMA = TM Accidentale; TMI = TM Inevitabile; TMO = TM dovuto all'Organizzazione; TMV = TM Vario.

### 3.3.2 Studio della produttività del cantiere

Tabella 3.8. Descrizione, produttività, consumi e distanze del cantiere N°3.

Cantiere N°	3	
Località cantiere	Trento	
Tipologia di materiale	Piante intere	
Specie	Ippocastano	
Origine	Verde urbano	

Volume lavorato	$m^3_{st}$	178
Densità media	$t/m^3_{st}$	0,29
Massa lavorata	t	50,8
Contenuto idrico medio su 3 campioni	%	49

Tempo totale (T)	h	9,21
------------------	---	------

Produttività unitaria		$m^3_{st}/h$	t/h
	T	19,32	5,52
	T-TT	28,65	8,18
	TL	33,65	9,61
	TNE	53,90	15,40
		$sec/m^3_{st}$	min/t
TNE	66,79	3,90	

Consumo totale carburante	l	118,84
---------------------------	---	--------

Consumo unitario carburante		l/h	
	TNE	35,99	
	T-TT	19,13	
		$l/m^3_{st}$	l/t
TNE	0,67	2,34	

Distanza cantiere	km	62
Percorrenza tot.	km	124

Distanza unitaria	$km/m^3_{st}$	0,70
	km/t	2,44
	km/h	41

T = tempo totale; T-TT = Tempo Totale esclusi i Tempi di Trasferimento; TL = Tempo Lordo; TNE = TN Effettivo.

A causa della tenacità del legno di ippocastano e della presenza di sassi tra il materiale, è stato necessario un cambio di coltelli dopo la produzione di soli circa  $140 m^3_{st}$  di cippato.

Tabella 3.9. Carichi del cantiere N°3.

Cassone	$m^3_{st}$	min	$m^3_{st}/h$	Materiale
1	41	38,35	64,15	Pnt. intere Ippocastano
2	55	52,68	62,64	Pnt. intere Ippocastano
3	42	47,36	53,21	Pnt. intere Ippocastano
4	34	47,50	42,95	R
5	6	12,25	29,39	R+St+T ippocastano

	$m^3_{st}$	h	$m^3_{st}/h$
<b>Tot.</b>	178	3,30	53,90

T = Tondame; St = Stangame; R = Ramaglia.

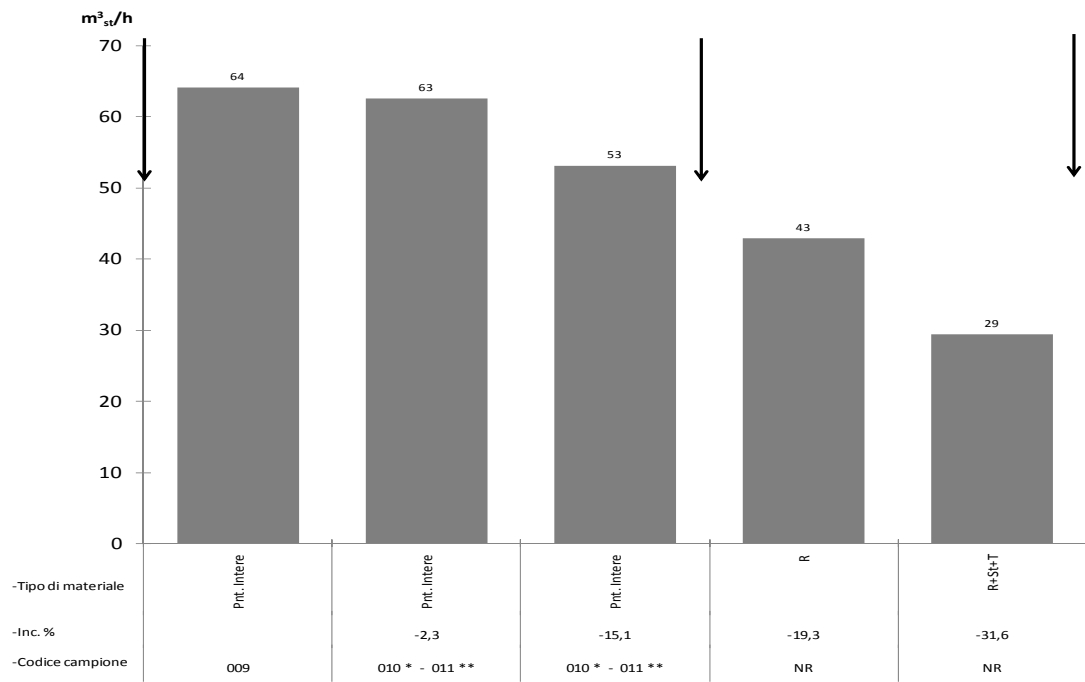


Grafico 3.3. Produttività di ogni singolo carico del cantiere. Si indica il momento della sostituzione dei coltelli. Si riporta la tipologia del materiale lavorato, l'incremento percentuale della produttività rispetto al carico precedente e il codice del campione di materiale. *T = Tondame; St = Stangame; R = Ramaglia; \* = campioni misti del secondo e terzo carico.*

### 3.4 CANTIERE NUMERO 4 (CERMIS DI TESERO - TN)

Il cantiere è stato localizzato in località Cermis di Tesero (TN). Questo era situato in un ampio piazzale di deposito di facile accesso ai mezzi, tuttavia, trovandosi nei pressi di una strada a frequentazione turistica, le manovre dei mezzi hanno in qualche caso ostacolato il traffico. Il materiale cippato proveniva da vari tagli di utilizzazione, poiché il piazzale era usato come deposito di legname proveniente dai tagli dei lotti circostanti. Prevalentemente sono stati cippati toname e botoli di scarto di abete rosso, con un'esigua percentuale di cimali di pino cembro, accatastati all'incirca una stagione prima. Il cippato è stato conferito con un autotreno alla centrale di S. Martino di Castrozza (93 m<sup>3</sup>), distante circa quarantacinque chilometri dal cantiere. La produttività è stata calcolata sulla capacità volumetrica di questi mezzi. Nelle seguenti tabelle sono riportati i dettagli sui tempi di lavoro e sulla produttività del cantiere e dei carichi.

#### 3.4.1 Studio dei tempi del cantiere

Tabella 3.10. Tempo (h) e percentuali (%) rispettive di ogni fase lavorativa del cantiere N°3.

	Tempo	T		TP	TL	TN	TM	
	h	%		%	%	%	%	
<b>Totale</b>	1,73	<b>100</b>	<b>100</b>					
<b>TP</b>	0,13	7,27		<b>100</b>				
<b>M+P</b>	0,13		7,27	100,00				
<b>CC</b>	0,00		0,00	0,00				
<b>TT</b>	0,17	9,62	9,62					
<b>TL</b>	1,44				<b>100</b>			
<b>TN</b>	1,11	64,20			77,25	<b>100</b>		
<b>TNE</b>	0,87		50,33			78,39		
<b>TNA</b>	0,24		13,88			21,61		
<b>TM</b>	0,33	18,91			22,75		<b>100</b>	<b>100</b>
<b>TME</b>	0,07						21,88	
<b>TMS</b>	0,07		4,14					21,88
<b>TMA</b>	0,00		0,00					0,00
<b>TMI</b>	0,26						78,12	
<b>TMO</b>	0,26		14,77					78,12
<b>TMV</b>	0,00		0,00					0,00

T = tempo totale; TP = Tempo di Preparazione; M+P = Manutenzione e Preparazione; CC = Cambio Coltelli; TT = Tempo di Trasferimento; TL = Tempo Lordo; TN = Tempo Netto; TNE = TN Effettivo; TNA = TN Accessorio; TM = Tempo morto; TME = TM Evitabile; TMS = TM Soggettivo; TMA = TM Accidentale; TMI = TM Inevitabile; TMO = TM dovuto all'Organizzazione; TMV = TM Vario.



### 3.4.2 Studio della produttività del cantiere

Tabella 3.11. Descrizione, produttività, consumi e distanze del cantiere N°4.

Cantiere N°	4
Località cantiere	Cermis di Tesero (TN)
Tipologia di materiale	Tondame di scarto
Specie	Abete rosso
Origine	Taglio di maturità

Volume lavorato	$m^3_{st}$	93
Densità media	$t/m^3_{st}$	0,24
Massa lavorata	t	22,0
Contenuto idrico medio su 2 campioni	%	40

Tempo totale (T)	h	1,73
------------------	---	------

Produttività unitaria		$m^3_{st}/h$	t/h
	T	53,70	12,70
	T-TT	59,41	14,05
	TL	64,61	15,28
	TNE	106,69	25,23
		$sec/m^3_{st}$	min/t
TNE	33,74	2,38	

Consumo totale carburante	l	46,00
---------------------------	---	-------

Consumo unitario carburante		l/h	
	TNE	52,77	
	T-TT	29,39	
		$l/m^3_{st}$	l/t
TNE	0,49	2,09	

Distanza cantiere	km	4
Percorrenza tot.	km	8

Distanza unitaria	$km/m^3_{st}$	0,09
	km/t	0,36
	km/h	48

T = tempo totale; T-TT = Tempo Totale esclusi i Tempi di Trasferimento; TL = Tempo Lordo; TNE = TN Effettivo.

Tabella 3.12. Carichi del cantiere N°4.

Cassone	$m^3_{st}$	min	$m^3_{st}/h$	Materiale
1	37	22,50	98,67	T
2	56	29,80	112,75	T+St

<b>Tot.</b>	$m^3_{st}$	h	$m^3_{st}/h$
	93	0,87	106,69

T = Tondame; St = Stangame.

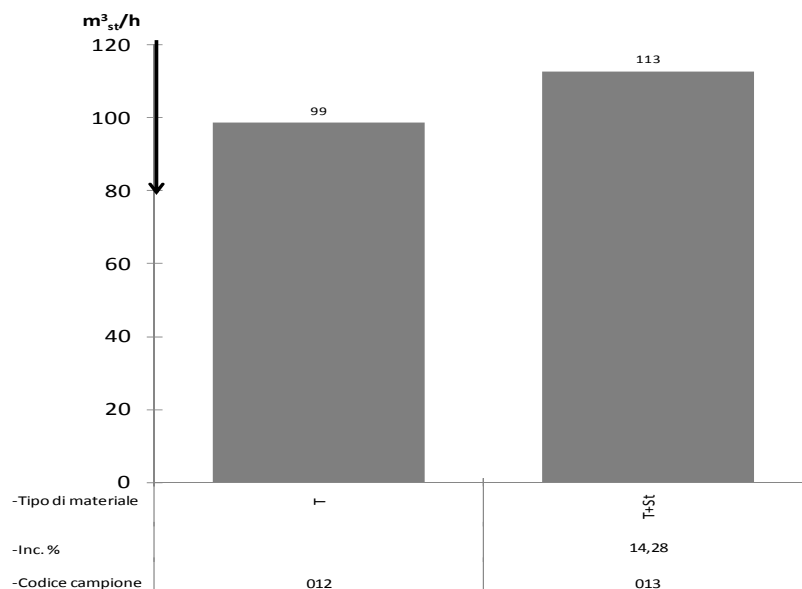


Grafico 3.4. Produttività di ogni singolo carico del cantiere. Si indica il momento della sostituzione dei coltelli. Si riporta la tipologia del materiale lavorato, l'incremento percentuale della produttività rispetto al carico precedente e il codice del campione di materiale. *T = Tondame; St = Stangame.*

### 3.5 CANTIERE NUMERO 5 (MOENA - TN)

Il cantiere è stato organizzato in località Moena (TN). Questo era situato in un ampio piazzale di deposito di facile accesso ai mezzi e con sufficiente spazio per la manovra. Il materiale proveniva da un taglio di maturità su una pecceta di un lotto nei pressi del piazzale. Il materiale si presentava tuttavia molto umido e sporco poiché ancora fresco, essendo stato accatastato da poche settimane, peraltro piovose. Il cippato è stato conferito con un autotreno alla centrale a biomassa E.N.E.C.O. di Predazzo, distante circa undici chilometri, con l'alternanza di due autocarri provvisti di rimorchio su motrice, aventi una capacità volumetrica di 41 m<sup>3</sup>, sui quali è stata determinata la produttività.

#### 3.5.1 Studio dei tempi del cantiere

Tabella 3.13. Tempi e percentuali rispettive di ogni fase lavorativa del cantiere N°5

	Tempo h	T %	TP %	TL %	TN %	TM %
<b>Totale</b>	4,17	<b>100</b>	<b>100</b>			
<b>TP</b>	0,02	0,48	<b>100</b>			
<b>M+P</b>	0,02		0,48	100,00		
<b>CC</b>	0,00		0,00	0,00		
<b>TT</b>	1,75	41,95	41,95			
<b>TL</b>	2,40			<b>100</b>		
<b>TN</b>	1,63	39,16		68,02	<b>100</b>	
<b>TNE</b>	1,51		36,29		92,69	
<b>TNA</b>	0,12		2,86		7,31	
<b>TM</b>	0,77	18,41		31,98		<b>100</b>
<b>TME</b>	0,16					21,31
<b>TMS</b>	0,16		3,92			21,31
<b>TMA</b>	0,00		0,00			0,00
<b>TMI</b>	0,60					78,69
<b>TMO</b>	0,60		14,49			78,69
<b>TMV</b>	0,00		0,00			0,00

*T = tempo totale; TP = Tempo di Preparazione; M+P = Manutenzione e Preparazione; CC = Cambio Coltelli; TT = Tempo di Trasferimento; TL = Tempo Lordo; TN = Tempo Netto; TNE = TN Effettivo; TNA = TN Accessorio; TM = Tempo morto; TME = TM Evitabile; TMS = TM Soggettivo; TMA = TM Accidentale; TMI = TM Inevitabile; TMO = TM dovuto all'Organizzazione; TMV = TM Vario.*

### 3.5.2 Studio della produttività del cantiere

Tabella 3.14. Descrizione, produttività, consumi e distanze del cantiere N°5.

Cantiere N°	5
Località cantiere	Moena (TN)
Tipologia di materiale	Tondame Stangame Ramaglia
Specie	Abete rosso
Origine	Taglio di maturità

Volume lavorato	$m^3_{st}$	123
Densità media	$t/m^3_{st}$	0,27
Massa lavorata	t	33,0
Contenuto idrico medio su 3 campioni	%	48,5

Tempo totale (T)	h	4,17
------------------	---	------

Produttività unitaria		$m^3_{st}/h$	t/h
	T	29,48	7,91
	T-TT	50,79	13,62
	TL	51,21	13,73
	TNE	81,23	21,79
		$sec/m^3_{st}$	min/t
TNE	44,32	2,75	

Consumo totale carburante	l	82,00
---------------------------	---	-------

Consumo unitario carburante		l/h	
	TNE	54,16	
	T-TT	33,86	
		$l/m^3_{st}$	l/t
TNE	0,67	2,49	

Distanza cantiere	km	28
Percorrenza tot.	km	55

Distanza unitaria	$km/m^3_{st}$	0,45
	km/t	1,67
	km/h	31

T = tempo totale; T-TT = Tempo Totale esclusi i Tempi di Trasferimento; TL = Tempo Lordo; TNE = TN Effettivo.

Tabella 3.15. Carichi del cantiere N°5.

Cassone	$m^3_{st}$	min	$m^3_{st}/h$	Materiale
1	41	26,62	92,41	St+B+R
2	11	10,78	61,22	R+St+T
3	30	23,85	75,47	T+St
4	41	29,60	83,11	T+B+R

	$m^3_{st}$	h	$m^3_{st}/h$
<b>Tot.</b>	123	1,51	81,23

T = Tondame; B = Botoli; St = Stangame; R = Ramaglia.

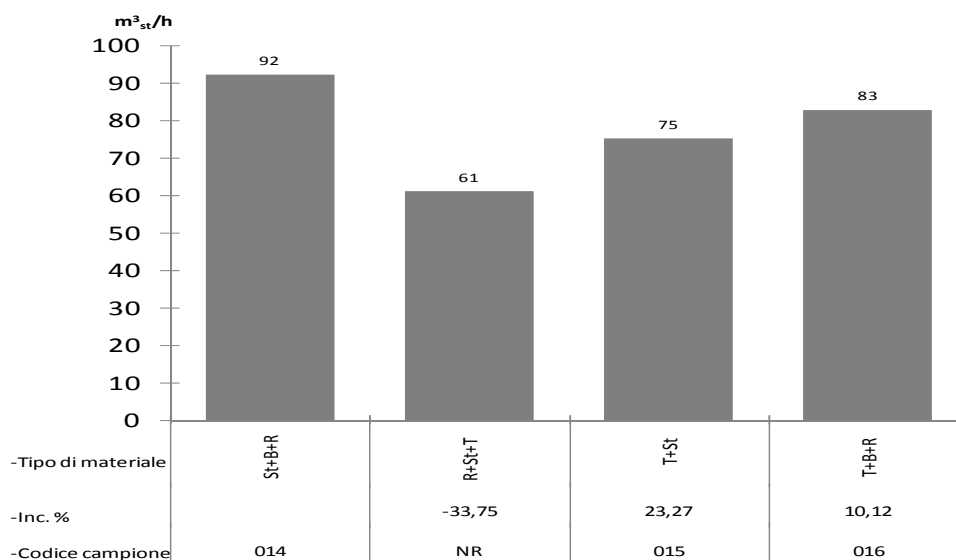


Grafico 3.5. Produttività di ogni singolo carico del cantiere. Si indica il momento della sostituzione dei coltelli. Si riporta la tipologia del materiale lavorato, l'incremento percentuale della produttività rispetto al carico precedente e il codice del campione di materiale. *T = Tondame; B = Botoli; St = Stangame; R = Ramaglia.*

### 3.6 CANTIERE NUMERO 6 (CADINO DI MOLINA DI FIERME - TN)

Il sesto cantiere è stato localizzato in località "Cadino" Molina di Fiemme. Questo era situato in un ampio piazzale diviso in due parti. Le diverse tipologie di materiale lavorate erano state accatastate rispettivamente nelle due differenti zone del piazzale: nella prima parte del cantiere sono stati cippati resti di tondame, botoli e altro materiale legnoso di scarto, accatastate da molto tempo, quindi con un basso contenuto idrico; nella seconda parte invece sono stati cippati sciaveri e refili derivanti da scarti di segheria, legati fra loro in pacchi con reggette plastiche. Tutto il cippato è stato conferito alla centrale a biomassa E.N.E.C.O. di Predazzo con l'alternanza di un autotreno avente un volume noto di 93 m<sup>3</sup> e un autocarro provvisto di rimorchio su motrice di 41 m<sup>3</sup>. La produttività è stata calcolata sulla capacità volumetrica di questi mezzi.

#### 3.6.1 Studio dei tempi del cantiere

Tabella 3.16. Tempo (h) e percentuali (%) rispettive di ogni fase lavorativa del cantiere N°6.

	Tempo h	T %	TP %	TL %	TN %	TM %
<b>Totale</b>	5,19	<b>100</b>	<b>100</b>			
<b>TP</b>	0,65	12,54	<b>100</b>			
<b>M+P</b>	0,46		8,90	71,03		
<b>CC</b>	0,19		3,63	28,97		
<b>TT</b>	0,37	7,07	7,07			
<b>TL</b>	4,17			<b>100</b>		
<b>TN</b>	2,73	52,55		65,37	<b>100</b>	
<b>TNE</b>	2,43		46,83		89,10	
<b>TNA</b>	0,30		5,73		10,90	
<b>TM</b>	1,44	27,84		34,63		<b>100</b>
<b>TME</b>	0,96					66,30
<b>TMS</b>	0,36		6,88			24,72
<b>TMA</b>	0,60		11,57			41,58
<b>TMI</b>	0,49					33,70
<b>TMO</b>	0,49		9,38			33,70
<b>TMV</b>	0,00		0,00			0,00

*T = tempo totale; TP = Tempo di Preparazione; M+P = Manutenzione e Preparazione; CC = Cambio Coltelli; TT = Tempo di Trasferimento; TL = Tempo Lordo; TN = Tempo Netto; TNE = TN Effettivo; TNA = TN Accessorio; TM = Tempo morto; TME = TM Evitabile; TMS = TM Soggettivo; TMA = TM Accidentale; TMI = TM Inevitabile; TMO = TM dovuto all'Organizzazione; TMV = TM Vario.*

### 3.6.2 Studio della produttività del cantiere

Tabella 3.17. Descrizione, produttività, consumi e distanze del cantiere N°6.

Cantiere N°	6	
Località cantiere	Cadino - Molina di Fiemme (TN)	
Tipologia di materiale	Tondame e botoli di scarto Sciaveri di segheria	
Specie	Abete rosso	
Origine	Taglio di maturità e segheria	

Volume lavorato	$m^3_{st}$	219
Densità media	$t/m^3_{st}$	0,20
Massa lavorata	t	43,6
Contenuto idrico medio su 3 campioni	%	30

Tempo totale (T)	h	5,19
------------------	---	------

Produttività unitaria		$m^3_{st}/h$	t/h
	T	42,24	8,42
	T-TT	45,45	9,06
	TL	52,54	10,47
	TNE	90,20	17,97
		$sec/m^3_{st}$	min/t
TNE	39,91	3,34	

Consumo totale carburante	l	146,00
---------------------------	---	--------

Consumo unitario carburante		l/h	
	TNE	60,13	
	T-TT	30,30	
		$l/m^3_{st}$	l/t
TNE	0,67	3,35	

Distanza cantiere	km	6
Percorrenza tot.	km	12

Distanza unitaria	$km/m^3_{st}$	0,05
	km/t	0,28
	km/h	33

T = tempo totale; T-TT = Tempo Totale esclusi i Tempi di Trasferimento; TL = Tempo Lordo; TNE = TN Effettivo.

Tabella 3.18. Carichi del cantiere N°6.

Cassone	$m^3_{st}$	min	$m^3_{st}/h$	Materiale
1	41	40,10	61,35	T+St+B+altro
2	41	29,20	84,25	T+St
3	35	17,90	117,32	S
4	20	9,80	122,45	S
5	41	22,02	111,72	T+St
6	15	9,91	90,82	T+St+altro
7	26	16,75	93,13	S

	$m^3_{st}$	h	$m^3_{st}/h$
<b>Tot.</b>	219	2,43	90,20

T = Tondame; B = Botoli; St = Stangame; S = Sciaveri.

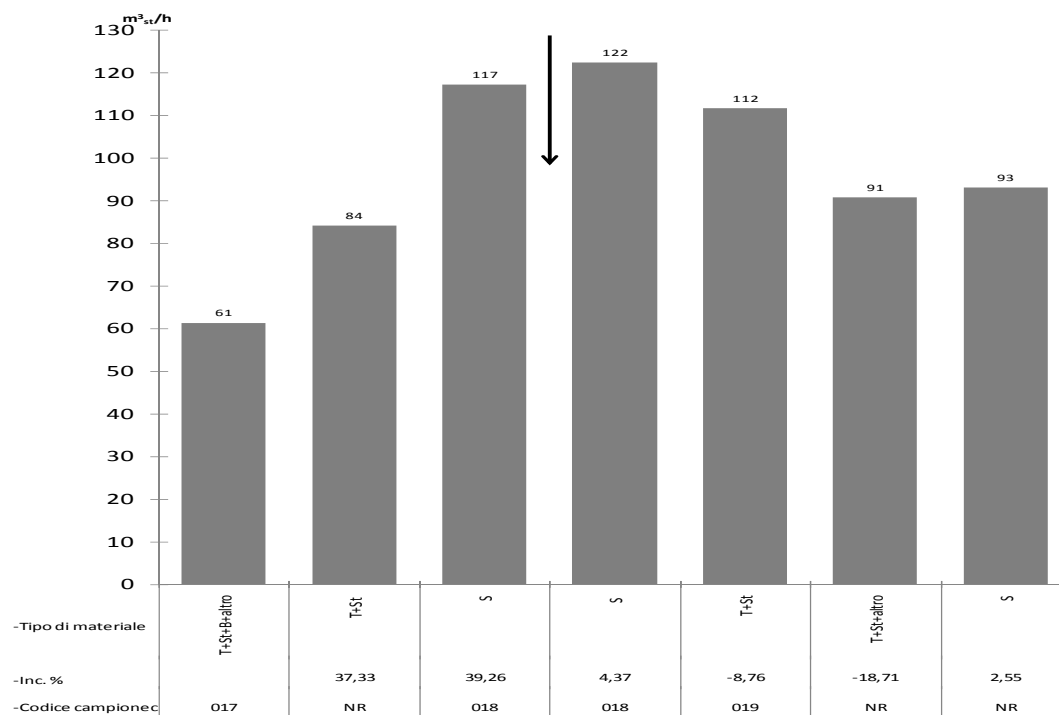


Grafico 3.6. Produttività di ogni singolo carico del cantiere. Si indica il momento della sostituzione dei coltelli. Si riporta la tipologia del materiale lavorato, l'incremento percentuale della produttività rispetto al carico precedente e il codice del campione di materiale. *T = Tondame; B = Botoli; St = Stangame; S = Sciaveri.*

### 3.7 CANTIERE NUMERO 7 (PINZOLO – TN)

Il cantiere è stato organizzato in località Pinzolo (TN). Questo era situato in un ampio piazzale diviso in due parti. Le diverse tipologie di materiale lavorate erano state accatastate rispettivamente nelle due differenti zone del piazzale: nella prima sono state cippate stanghe sramate di abete rosso (con diametro inferiore ai 17,5 cm) derivanti da un intervento di diradamento; nella seconda parte invece sono stati cippati scarti di tondame, botoli e stangame di abete rosso ma di qualità più scadente e con maggiore presenza di sporcizia, la quale ha contribuito ad abbassare la resa qualitativa del cippato. La logistica dei trasporti anche in questo caso è stata male organizzata. Nella seconda parte della giornata infatti c'è stata l'attesa per l'arrivo di un autotreno per più di due ore. L'innalzarsi dei tempi morti ha infatti notevolmente ridotto la produttività del cantiere e implicitamente innalzato i costi di produzione. Il materiale è stato conferito dagli acquirenti del cippato tramite autotreni aventi un volume noto di 87, 93 e 72 m<sup>3</sup>. La produttività è stata calcolata sulla capacità volumetrica di questi mezzi.

### 3.7.1 Studio dei tempi del cantiere

Tabella 3.19. Tempo (h) e percentuali (%) rispettive di ogni fase lavorativa del cantiere N°7.

	Tempo	T		TP	TL	TN	TM	
	h	%		%	%	%	%	
<b>Totale</b>	14,14	<b>100</b>	<b>100</b>					
<b>TP</b>	0,66	4,66		<b>100</b>				
<b>M+P</b>	0,36		2,57	55,15				
<b>CC</b>	0,30		2,09	44,85				
<b>TT</b>	5,08	35,96	35,96					
<b>TL</b>	8,40				<b>100</b>			
<b>TN</b>	5,40	38,18			64,29	<b>100</b>		
<b>TNE</b>	4,87		34,43			90,19		
<b>TNA</b>	0,53		3,75			9,81		
<b>TM</b>	3,00	21,21			35,71		<b>100</b>	<b>100</b>
<b>TME</b>	0,08						2,79	
<b>TMS</b>	0,08		0,59					2,79
<b>TMA</b>	0,00		0,00					0,00
<b>TMI</b>	2,91						97,21	
<b>TMO</b>	2,91		20,62					97,21
<b>TMV</b>	0,00		0,00					0,00

T = tempo totale; TP = Tempo di Preparazione; M+P = Manutenzione e Preparazione; CC = Cambio Coltelli; TT = Tempo di Trasferimento; TL = Tempo Lordo; TN = Tempo Netto; TNE = TN Effettivo; TNA = TN Accessorio; TM = Tempo morto; TME = TM Evitabile; TMS = TM Soggettivo; TMA = TM Accidentale; TMI = TM Inevitabile; TMO = TM dovuto all'Organizzazione; TMV = TM Vario.

### 3.7.2 Studio della produttività del cantiere

Tabella 3.20. Descrizione, produttività, consumi e distanze del cantiere N°7.

Cantiere N°	7
Località cantiere	Pinzolo (TN)
Tipologia di materiale	Stangame Tondame e botoli di scarto
Specie	Abete rosso
Origine	Diradamento e Taglio di maturità

Volume lavorato	m <sup>3</sup> <sub>st</sub>	411
Densità media	t/ m <sup>3</sup> <sub>st</sub>	0,24
Massa lavorata	t	99,9
Contenuto idrico medio su 4 campioni	%	41

Tempo totale (T)	h	14,14
------------------	---	-------

Produttività unitaria	T	m <sup>3</sup> <sub>st</sub> /h	29,07	t/h	7,07
	T-TT		45,40		11,04
	TL		48,96		11,90
	TNE		84,44		20,53
			sec/ m <sup>3</sup> <sub>st</sub>		min/t
	TNE		42,64		2,92
Consumo totale carburante	l		241,94		

Consumo unitario carburante		l/h		
	TNE		49,71	
	T-TT		26,72	
		l/ m <sup>3</sup> <sub>st</sub>		l/t
	TNE		0,59	2,42

Distanza cantiere	km	120
Percorrenza tot.	km	240

Distanza unitaria	km/ m <sup>3</sup> <sub>st</sub>	0,58
	km/t	2,40
	km/h	47

T = tempo totale; T-TT = Tempo Totale esclusi i Tempi di Trasferimento; TL = Tempo Lordo; TNE = TN Effettivo.

Tabella 3.21. Carichi del cantiere N°7.

Cassone	$m^3_{st}$	min	$m^3_{st}/h$	Materiale
1	87	38,28	136,36	St
2	38	23,67	96,32	St
3	55	50,77	65,00	St+T+B
4	87	49,54	105,37	St+T+B
5	36	30,02	71,95	St+T+B
6	36	32,24	67,00	St+T+B
7	36	29,23	73,90	St+T
8	36	38,30	56,40	St+B+T+R

	$m^3_{st}$	h	$m^3_{st}/h$
<b>Tot.</b>	411	4,87	84,44

T = Tondame; B = Botoli; St = Stangame; R = Ramaglia.

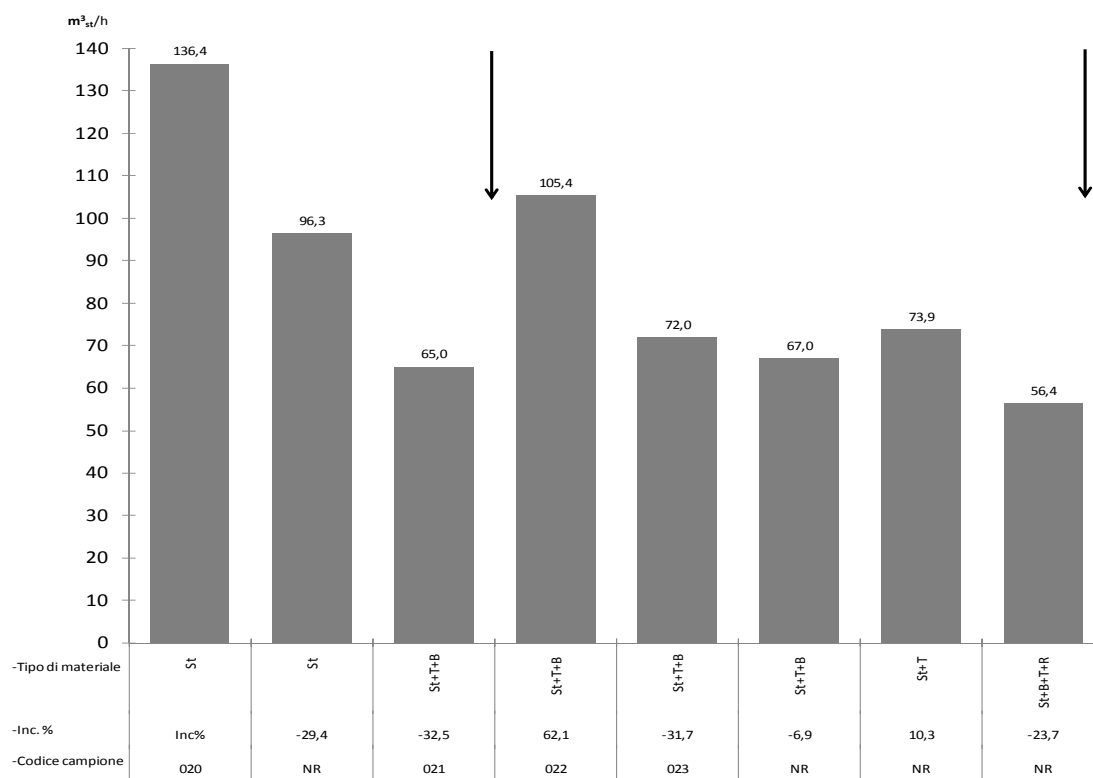


Grafico 3.7. Produttività di ogni singolo carico del cantiere. Si indica il momento della sostituzione dei coltelli. Si riporta la tipologia del materiale lavorato, l'incremento percentuale della produttività rispetto al carico precedente e il codice del campione di materiale. T = Tondame; B = Botoli; St = Stangame; R = Ramaglia.



### 3.8 CANTIERE NUMERO 8 (E.N.E.C.O. PREDAZZO – TN)

Il cantiere è stato localizzato nel piazzale della centrale E.N.E.C.O. di Predazzo (TN). Qui sono stati cippati sciaveri e refili, accatastati da diversi mesi e provenienti dalla segheria di Ziano di Fiemme. Questo cantiere ha avuto la particolarità nel fatto che il materiale è stato cippato a terra nel piazzale. La centrale è infatti dotata di un escavatore del quale si serve per la movimentazione del materiale all'interno del deposito. In questo caso per la stima del volume di cippato prodotto sono stati misurate la circonferenza e l'altezza media della massa di cippato a terra, con l'utilizzo di una cordella metrica e una stadia. Da queste misure è stato approssimato il volume del "cono"; oltre a questo è stato consultato il parere dell'operatore della cippatrice, il quale grazie alla sua esperienza in campo ha dato una stima volumetrica oculare prossima a quella ottenuta con la misurazione.

#### 3.8.1 Studio dei tempi del cantiere

Tabella 3.22. Tempo (h) e percentuali (%) rispettive di ogni fase lavorativa del cantiere N°8.

	Tempo	T		TP	TL	TN	TM	
	h	%		%	%	%	%	
<b>Totale</b>	4,48	<b>100</b>	<b>100</b>					
<b>TP</b>	0,55	12,33		<b>100</b>				
<b>M+P</b>	0,33		7,28	58,99				
<b>CC</b>	0,23		5,06	41,01				
<b>TT</b>	0,83	18,60	18,60					
<b>TL</b>	3,10				<b>100</b>			
<b>TN</b>	2,76	61,52			89,07	<b>100</b>		
<b>TNE</b>	2,64		58,94			95,80		
<b>TNA</b>	0,12		2,58			4,20		
<b>TM</b>	0,34	7,55			10,93		<b>100</b>	<b>100</b>
<b>TME</b>	0,17						50,00	
<b>TMS</b>	0,17		3,78					50,00
<b>TMA</b>	0,00		0,00					0,00
<b>TMI</b>	0,17						50,00	
<b>TMO</b>	0,17		3,78					50,00
<b>TMV</b>	0,00		0,00					0,00

*T = tempo totale; TP = Tempo di Preparazione; M+P = Manutenzione e Preparazione; CC = Cambio Coltelli; TT = Tempo di Trasferimento; TL = Tempo Lordo; TN = Tempo Netto; TNE = TN Effettivo; TNA = TN Accessorio; TM = Tempo morto; TME = TM Evitabile; TMS = TM Soggettivo; TMA = TM Accidentale; TMI = TM Inevitabile; TMO = TM dovuto all'Organizzazione; TMV = TM Vario.*

In questo cantiere i tempi morti dovuti all'organizzazione si sono ridotti al minimo poichè le operazioni di cippatura non erano vincolate al conferimento con gli autocarri. Il materiale lavorato a terra ha permesso quindi un'ottimizzazione dei tempi produttivi.

### 3.8.2 Studio della produttività del cantiere

Tabella 3.23. Descrizione, produttività, consumi e distanze del cantiere N°8.

Cantiere N°	8
Località cantiere	ENECO Predazzo (TN)
Tipologia di materiale	Sciaveri e refilli
Specie	Abete rosso
Origine	Segheria

Volume lavorato	$m^3_{st}$	220
Densità media	$t/m^3_{st}$	0,19
Massa lavorata	t	41,5
Contenuto idrico medio su 2 campioni	%	20

Tempo totale (T)	h	4,48
------------------	---	------

Produttività unitaria		$m^3_{st}/h$	t/h
	T	49,10	9,27
	T-TT	60,31	11,39
	TL	71,08	13,42
	TNE	83,30	15,73
	TNE	$sec/m^3_{st}$	43,22
			3,82

Consumo totale carburante	l	150,00
---------------------------	---	--------

Consumo unitario carburante		l/h	
	TNE	56,80	
	T-TT	41,12	
	TNE	$l/m^3_{st}$	0,68
			3,61

Distanza cantiere	km	17
Percorrenza tot.	km	34

Distanza unitaria	$km/m^3_{st}$	0,15
	km/t	0,82
	km/h	41

T = tempo totale; T-TT = Tempo Totale esclusi i Tempi di Trasferimento; TL = Tempo Lordo; TNE = TN Effettivo.

Tabella 3.24. Carichi del cantiere N°8

Cassone	$m^3_{st}$	min	$m^3_{st}/h$	Materiale
Scarico a terra	220	158,46	83,30	S+Re

<b>Tot.</b>	$m^3_{st}$	h	$m^3_{st}/h$
	220	2,64	83,30

S = Sciaveri; Re = Refilli.

### 3.9 CANTIERE NUMERO 9 (CERMIS DI TESERO – TN)

Il cantiere è stato organizzato con modalità del tutto simili al cantiere n°4.

#### 3.9.1 Studio dei tempi del cantiere

Tabella 3.25. Tempo (h) e percentuali (%) rispettive di ogni fase lavorativa del cantiere N°9.

	Tempo h	T %	TP %	TL %	TN %	TM %
<b>Totale</b>	2,35	<b>100</b>	<b>100</b>			
<b>TP</b>	0,38	16,13	<b>100</b>			
<b>M+P</b>	0,38		16,13	100,00		
<b>CC</b>	0,00		0,00	0,00		
<b>TT</b>	0,33	14,21	14,21			
<b>TL</b>	1,63			<b>100</b>		
<b>TN</b>	0,85	36,11		51,84	<b>100</b>	
<b>TNE</b>	0,79		33,83		93,70	
<b>TNA</b>	0,05		2,27		6,30	
<b>TM</b>	0,79	33,55		48,16		<b>100</b>
<b>TME</b>	0,37					46,82
<b>TMS</b>	0,37		15,71			46,82
<b>TMA</b>	0,00		0,00			0,00
<b>TMI</b>	0,42					53,18
<b>TMO</b>	0,42		17,84			53,18
<b>TMV</b>	0,00		0,00			0,00

T = tempo totale; TP = Tempo di Preparazione; M+P = Manutenzione e Preparazione; CC = Cambio Coltelli; TT = Tempo di Trasferimento; TL = Tempo Lordo; TN = Tempo Netto; TNE = TN Effettivo; TNA = TN Accessorio; TM = Tempo morto; TME = TM Evitabile; TMS = TM Soggettivo; TMA = TM Accidentale; TMI = TM Inevitabile; TMO = TM dovuto all'Organizzazione; TMV = TM Vario.

### 3.9.2 Studio della produttività del cantiere

Tabella 3.26. Descrizione, produttività, consumi e distanze del cantiere N°9.

Cantiere N°	9
Località cantiere	Cermis di Tesero (TN)
Tipologia di materiale	Tondame di scarto
Specie	Abete rosso
Origine	Taglio di maturità

Volume lavorato	m <sup>3</sup> <sub>st</sub>	93
Densità media	t/ m <sup>3</sup> <sub>st</sub>	0,23
Massa lavorata	t	21,3
Contenuto idrico medio su 1 campione	%	37

Tempo totale (T)	h	2,35
------------------	---	------

Produttività unitaria		m <sup>3</sup> <sub>st</sub> /h	t/h
	T	39,66	9,10
	T-TT	46,23	10,60
	TL	56,94	13,06
	TNE	117,23	26,89
	TNE	sec/ m <sup>3</sup> <sub>st</sub>	min/t
		30,71	2,23

Consumo totale carburante	l	42,00
---------------------------	---	-------

Consumo unitario carburante		l/h	
	TNE	52,94	
	T-TT	20,88	
	TNE	l/ m <sup>3</sup> <sub>st</sub>	l/t
		0,45	1,97

Distanza cantiere	km	8
Percorrenza tot.	km	16

Distanza unitaria	km/ m <sup>3</sup> <sub>st</sub>	0,17
	km/t	0,75
	km/h	48

T = tempo totale; T-TT = Tempo Totale esclusi i Tempi di Trasferimento; TL = Tempo Lordo; TNE = TN Effettivo.

Tabella 3.27. Carichi del cantiere N°9.

Cassone	m <sup>3</sup> <sub>st</sub>	min	m <sup>3</sup> <sub>st</sub> /h	Materiale
1	37	19,11	116,17	T+B
2	56	28,49	117,94	T+B

	m <sup>3</sup> <sub>st</sub>	h	m <sup>3</sup> <sub>st</sub> /h
<b>Tot.</b>	93	0,79	117,23

T = Tondame; B = Botoli.

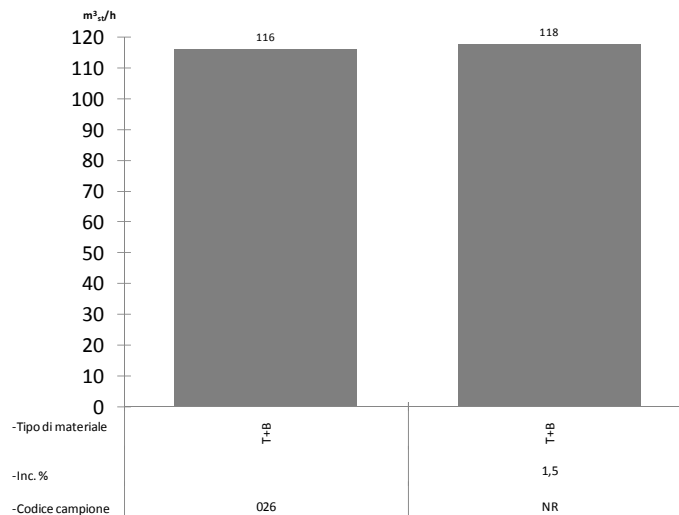


Grafico 3.8. Produttività di ogni singolo carico del cantiere. Si indica il momento della sostituzione dei coltelli. Si riporta la tipologia del materiale lavorato, l'incremento percentuale della produttività rispetto al carico precedente e il codice del campione di materiale. *T = Tondame; B = Botoli.*

### 3.10 CANTIERE NUMERO 10 (S. MARTINO DI LUPARI – PD)

L'ultimo cantiere è stato organizzato in località S.Martino di Lupari (PD). Questo era situato in un ampio piazzale di facile accesso ai mezzi. Il materiale proveniva dal taglio di piante mature in un viale urbano, depositate quattro mesi prima della lavorazione, ma ancora umido. Le specie in questione erano: cedro, pino domestico; oltre a questo materiale era presente della ramaglia di quercia rossa e di tuja. Anche in questo caso, come negli altri due cantieri svolti “fuori valle” (Trento e Pinzolo) si sono verificati disagi per quanto riguarda l'organizzazione della logistica dei trasporti. Prima dell'inizio del cantiere infatti la cippatrice ha dovuto aspettare per più di un'ora e quarantacinque minuti l'arrivo del primo autotreno.

Il materiale è stato conferito alla centrale di San Martino di Castrozza con due autotreni aventi un volume noto di 80 m<sup>3</sup>. La produttività è stata calcolata sulla capacità volumetrica di questi mezzi. Studio dei tempi del cantiere

Tabella 3.28. Tempo (h) e percentuali (%) rispettive di ogni fase lavorativa del cantiere N° 10.

	Tempo h	T %	TP %	TL %	TN %	TM %	
<b>Totale</b>	11,14	<b>100</b>	<b>100</b>				
<b>TP</b>	0,62	5,59		<b>100</b>			
<b>M+P</b>	0,37		3,35	59,89			
<b>CC</b>	0,25		2,24	40,11			
<b>TT</b>	6,33	56,83	56,83				
<b>TL</b>	4,19			<b>100</b>			
<b>TN</b>	2,15	19,30		51,38	<b>100</b>		
<b>TNE</b>	2,00		17,95		92,99		
<b>TNA</b>	0,15		1,35		7,01		
<b>TM</b>	2,04	18,27		48,62		<b>100</b>	<b>100</b>
<b>TME</b>	0,10					4,91	
<b>TMS</b>	0,10		0,90				4,91
<b>TMA</b>	0,00		0,00				0,00
<b>TMI</b>	1,94					95,09	
<b>TMO</b>	1,94		17,37				95,09
<b>TMV</b>	0,00		0,00				0,00

T = tempo totale; TP = Tempo di Preparazione; M+P = Manutenzione e Preparazione; CC = Cambio Coltelli; TT = Tempo di Trasferimento; TL = Tempo Lordo; TN = Tempo Netto; TNE = TN Effettivo; TNA = TN Accessorio; TM = Tempo morto; TME = TM Evitabile; TMS = TM Soggettivo; TMA = TM Accidentale; TMI = TM Inevitabile; TMO = TM dovuto all'Organizzazione; TMV = TM Vario.

### 3.10.1 Studio della produttività del cantiere

Tabella 3.29. Descrizione, produttività, consumi e distanze del cantiere N° 10.

Cantiere N°	10
Località cantiere	S.Martino di Lupari (PD)
Tipologia di materiale	Piante intere
Specie	Pino domestico - Cedro - Tuja - Quercia rossa
Origine	Verde urbano

Volume lavorato	m <sup>3</sup> <sub>st</sub>	140
Densità media	t/ m <sup>3</sup> <sub>st</sub>	0,27
Massa lavorata	t	37,6
Contenuto idrico medio su 3 campioni	%	35,5

Tempo totale (T)	h	11,14
------------------	---	-------

Produttività unitaria		m <sup>3</sup> <sub>st</sub> /h	t/h
	T	12,56	3,38
	T-TT	29,10	7,82
	TL	33,43	8,98
	TNE	69,98	18,81
		sec/ m <sup>3</sup> <sub>st</sub>	min/t
TNE	51,44	3,19	

Consumo totale carburante	l	75,00
---------------------------	---	-------

Consumo unitario carburante		l/h	l/t
	TNE	37,49	
	T-TT	15,59	
		l/ m <sup>3</sup> <sub>st</sub>	
TNE	0,54	1,99	

Distanza cantiere	km	145
Percorrenza tot.	km	290

Distanza unitaria	km/m <sup>3</sup> <sub>st</sub>	2,07
	km/t	7,71
	km/h	46

T = tempo totale; T-TT = Tempo Totale esclusi i Tempi di Trasferimento; TL = Tempo Lordo; TNE = TN Effettivo.

Tabella 3.30. Carichi del cantiere N° 10.

Cassone	m <sup>3</sup> <sub>st</sub>	min	m <sup>3</sup> <sub>st</sub> /h	Materiale
1	37	24,30	91,36	T v. urb.
2	42	35,20	71,59	Pnt. Intere v. urb
3	20	20,30	59,11	St+R v. urb.
4	28	22,00	76,36	St+R v. urb
5	13	18,23	42,79	R v. urb.

	m <sup>3</sup> <sub>st</sub>	h	m <sup>3</sup> <sub>st</sub> /h
<b>Tot.</b>	140	2,00	69,98

*T v.urb. = T verde urbano (pino e cedro); St = Stangame; R = Ramaglia.*

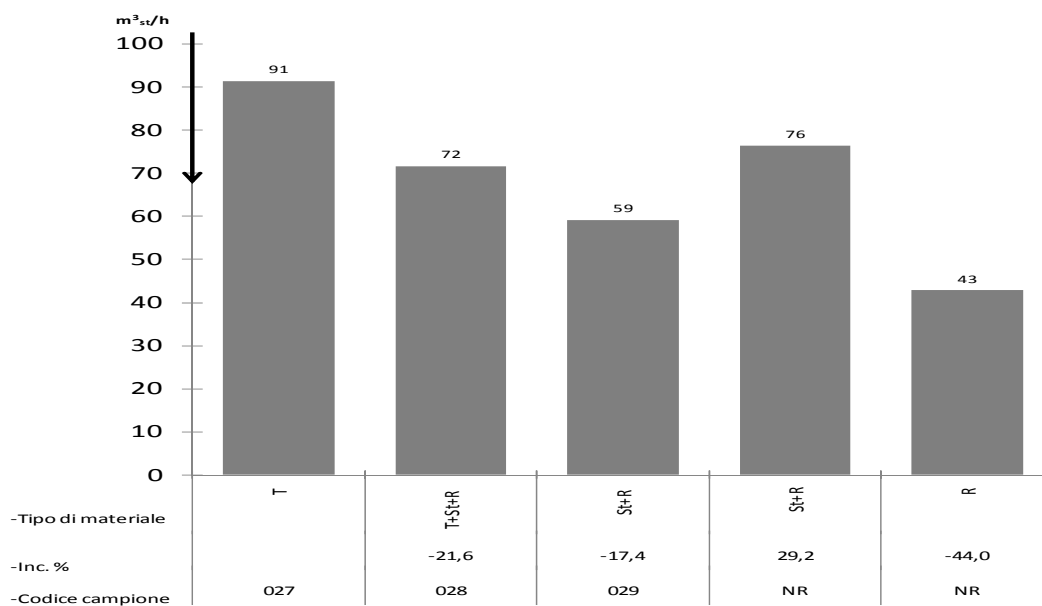


Grafico 3.9. Produttività di ogni singolo carico del cantiere. Si indica il momento della sostituzione dei coltelli. Si riporta la tipologia del materiale lavorato, l'incremento percentuale della produttività rispetto al carico precedente e il codice del campione di materiale. *T v.urb. = T verde urbano (pino e cedro); St = Stangame; R = Ramaglia.*

### 3.11 CONFRONTO TRA CANTIERI A DIVERSA LOGISTICA

Con questa analisi si è voluto mettere a confronto i diversi scenari d'impiego riscontrati nell'attività di cippatura della MCF. In particolare si è studiato il raffronto tra i cantieri svolti nel circondario della Val di Fiemme (entro un raggio di 30 km) e quelli svolti al di fuori del comprensorio della valle (oltre un raggio di 30 km), per i quali è previsto un tempo di trasferimento significativo.

#### 3.11.1 Studio dei tempi di lavoro

##### Entro i 30 km

Tabella 3.31. Tempo e percentuali medie rispettive di ogni fase lavorativa dei cantieri svolti entro un raggio di 30 km.

	Tempo h	T %		TP %	TL %	TN %	TM %	
<b>Totale</b>	36,6	<b>100</b>	<b>100</b>					
<b>TP</b>	3,53	9,64		<b>100</b>				
<b>M+P</b>	2,35		6,41	66,5				
<b>CC</b>	1,18		3,23	33,5				
<b>TT</b>	7,05	19,26	19,26					
<b>TL</b>	26,03				<b>100</b>			
<b>TN</b>	18,01	49,21			69,21	<b>100</b>		
<b>TNE</b>	16,44		44,92			91,27		
<b>TNA</b>	1,57		4,29			8,73		
<b>TM</b>	8,01	21,89			30,79		<b>100</b>	<b>100</b>
<b>TME</b>	2,12						26,42	
<b>TMS</b>	1,52		4,15					18,93
<b>TMA</b>	0,6		1,64					7,49
<b>TMI</b>	5,9						73,58	
<b>TMO</b>	5,9		16,11					73,58
<b>TMV</b>	0		0					0

T = tempo totale; TP = Tempo di Preparazione; M+P = Manutenzione e Preparazione; CC = Cambio Coltelli; TT = Tempo di Trasferimento; TL = Tempo Lordo; TN = Tempo Netto; TNE = TN Effettivo; TNA = TN Accessorio; TM = Tempo morto; TME = TM Evitabile; TMS = TM Soggettivo; TMA = TM Accidentale; TMI = TM Inevitabile; TMO = TM dovuto all'Organizzazione; TMV = TM Vario.

##### Oltre 30 km

Tabella 3.32. Tempo e percentuali medie rispettive di ogni fase lavorativa dei cantieri svolti oltre un raggio di 30 km.

	Tempo h	T %		TP %	TL %	TN %	TM %	
<b>Totale</b>	34,49	<b>100</b>	<b>100</b>					
<b>TP</b>	2,21	6,39		<b>100</b>				
<b>M+P</b>	1,23		3,56	55,76				
<b>CC</b>	0,98		2,83	44,24				
<b>TT</b>	14,42	41,79	41,79					
<b>TL</b>	17,87				<b>100</b>			
<b>TN</b>	11,26	32,64			63	<b>100</b>		
<b>TNE</b>	10,17		29,48			90,33		
<b>TNA</b>	1,09		3,16			9,67		
<b>TM</b>	6,61	19,17			37		<b>100</b>	<b>100</b>
<b>TME</b>	0,42						6,35	
<b>TMS</b>	0,42		1,22					6,35
<b>TMA</b>	0		0					0
<b>TMI</b>	6,19						93,65	
<b>TMO</b>	6,19		17,95					93,65
<b>TMV</b>	0		0					0

T = tempo totale; TP = Tempo di Preparazione; M+P = Manutenzione e Preparazione; CC = Cambio Coltelli; TT = Tempo di Trasferimento; TL = Tempo Lordo; TN = Tempo Netto; TNE = TN Effettivo; TNA = TN Accessorio; TM = Tempo morto; TME = TM Evitabile; TMS = TM Soggettivo; TMA = TM Accidentale; TMI = TM Inevitabile; TMO = TM dovuto all'Organizzazione; TMV = TM Vario.



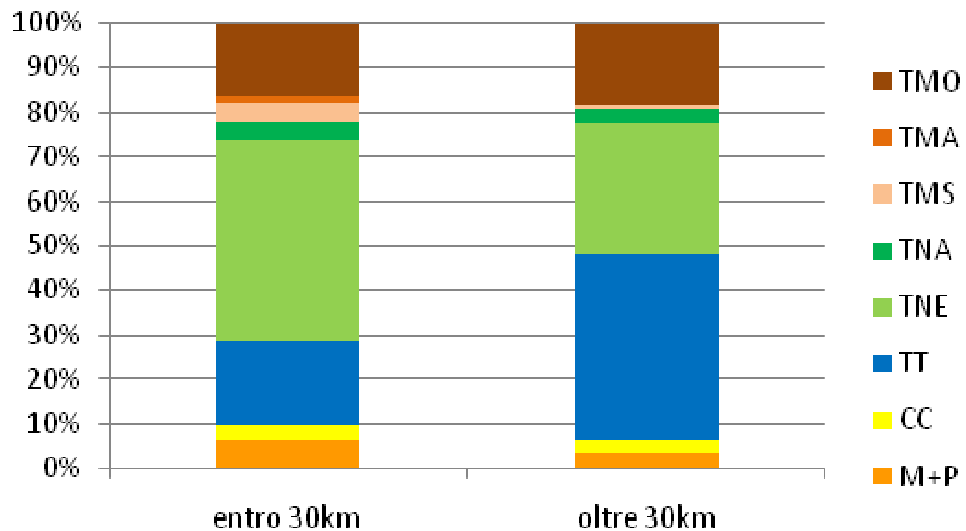


Grafico 3.10. Distribuzione percentuale delle fasi lavorative dei cantieri svolti entro e oltre il raggio di 30 km.  
*M+P = Manutenzione e Preparazione; CC = Cambio Coltelli; TT = Tempo di Trasferimento; TNE = TN Effettivo; TNA = TN Accessorio; TMS = TM Soggettivo; TMA = TM Accidentale; TMO = TM dovuto all'Organizzazione.*

L'aumentare della percentuale di tempo impiegata per il trasferimento diminuisce la frazione di tempo produttiva, riducendo così la produttività totale del cantiere. La frazione corrispondente ai tempi morti invece presenta un valore percentuale simile nonostante la notevole variazione del tempo di trasferimento. L'attesa invece era che questi si riducessero con un andamento alla pari dei tempi netti. La percentuale di tempo morto dovuta all'organizzazione, nel caso di cantieri dislocati oltre 30 km, non solo non si è abbassata, ma addirittura è risultata maggiore rispetto ai cantieri organizzati in valle. Si è riscontrato infatti che in tutti i cantieri caratterizzati da lunghe trasferte la logistica dei trasporti è stata mal organizzata. I tempi morti molto lunghi dovuti ai ritardi degli autocarri adibiti al trasporto del materiale sono stati molto significativi ed incisivi sull'organizzazione, sulla produttività e sui costi di questi cantieri. Si è quindi verificato un duplice inconveniente legato alle lunghe trasferte: il costo imputato al trasferimento e la difficoltà nell'organizzazione della logistica dei trasporti, decisamente l'elemento più influente in termini economici.

### 3.11.2 Studio della produttività

Tabella 3.33. produttività e distanze medie dei cantieri svolti entro e oltre il raggio di 30 km.

		entro 30 km		oltre 30 km	
		$m^3_{st}/h$	t/h	$m^3_{st}/h$	t/h
Produttività unitaria	T	36,80	8,71	21,13	5,70
	T-TT	45,58	10,78	36,31	9,79
	TL	51,76	12,24	40,79	11,00
	TNE	81,93	19,38	71,68	19,32
		$sec/ m^3_{st}$	$min/t$	$sec/ m^3_{st}$	$min/t$
	TNE	43,94	3,10	50,22	3,11
Distanza media del cantiere		km	20	109	
Distanza unitaria		$km/ m^3_{st}$	0,21	0,89	

*T = tempo totale; T-TT = Tempo Totale esclusi i Tempi di Trasferimento; TL = Tempo Lordo; TNE = TN Effettivo.*

I dati relativi alle produttività nel tempo totale del cantiere escluso il tempo di trasporto (T-TT) e quello dei tempi netti effettivi (TNE) risultano i più significativi. La differenza di produttività nel T-TT è stata precedentemente spiegata da una mal organizzazione dei cantieri in trasferta. La variabilità della produttività nei tempi netti effettivi delle due tipologie di cantiere invece è dovuta alle caratteristiche del materiale lavorato. Il calo di produttività nei cantieri fuori valle è quindi da attribuirsi al materiale che, nei casi studiati ha generalmente dato una resa inferiore. Piante intere provenienti dal verde urbano (cippate in due dei tre cantieri fuori valle) si sono dimostrate essere meno produttive del materiale solitamente lavorato in valle (tondame, stangame, sciaveri e refili).

### 3.12 RISULTATI FINALI DELLO STUDIO DEI TEMPI DEI CANTIERI

In seguito vengono riproposti i risultati medi dei tempi che hanno caratterizzato i dieci cantieri analizzati.

Tabella 3.34. Tempo e percentuali medie rispettive di ogni fase lavorativa dei dieci cantieri.

	Tempo	T		TP	TL	TN	TM	
	h	%		%	%	%	%	
<b>Totale</b>	72,17	<b>100</b>	<b>100</b>					
<b>TP</b>	6,12	8,48		<b>100</b>				
<b>M+P</b>	3,65		5,06	59,65				
<b>CC</b>	2,47		3,42	40,35				
<b>TT</b>	18,93	26,23	26,23					
<b>TL</b>	47,12				<b>100</b>			
<b>TN</b>	30,69	42,53			65,14	<b>100</b>		
<b>TNE</b>	28,00		38,79			91,22		
<b>TNA</b>	2,69		3,73			8,78		
<b>TM</b>	16,43	22,76			34,86		<b>100</b>	<b>100</b>
<b>TME</b>	2,84						17,27	
<b>TMS</b>	1,86		2,57					11,30
<b>TMA</b>	0,98		1,36					5,98
<b>TMI</b>	13,59						82,73	
<b>TMO</b>	13,59		18,83					82,73
<b>TMV</b>	0,00		0,00					0,00

T = tempo totale; TP = Tempo di Preparazione; M+P = Manutenzione e Preparazione; CC = Cambio Coltelli; TT = Tempo di Trasferimento; TL = Tempo Lordo; TN = Tempo Netto; TNE = TN Effettivo; TNA = TN Accessorio; TM = Tempo morto; TME = TM Evitabile; TMS = TM Soggettivo; TMA = TM Accidentale; TMI = TM Inevitabile; TMO = TM dovuto all'Organizzazione; TMV = TM Vario.

Il seguente grafico riporta la ripartizione delle fasi lavorative espresse in percentuale sul tempo totale. Sono riportati i risultati dei dieci cantieri studiati e infine una media sul totale rilevato.

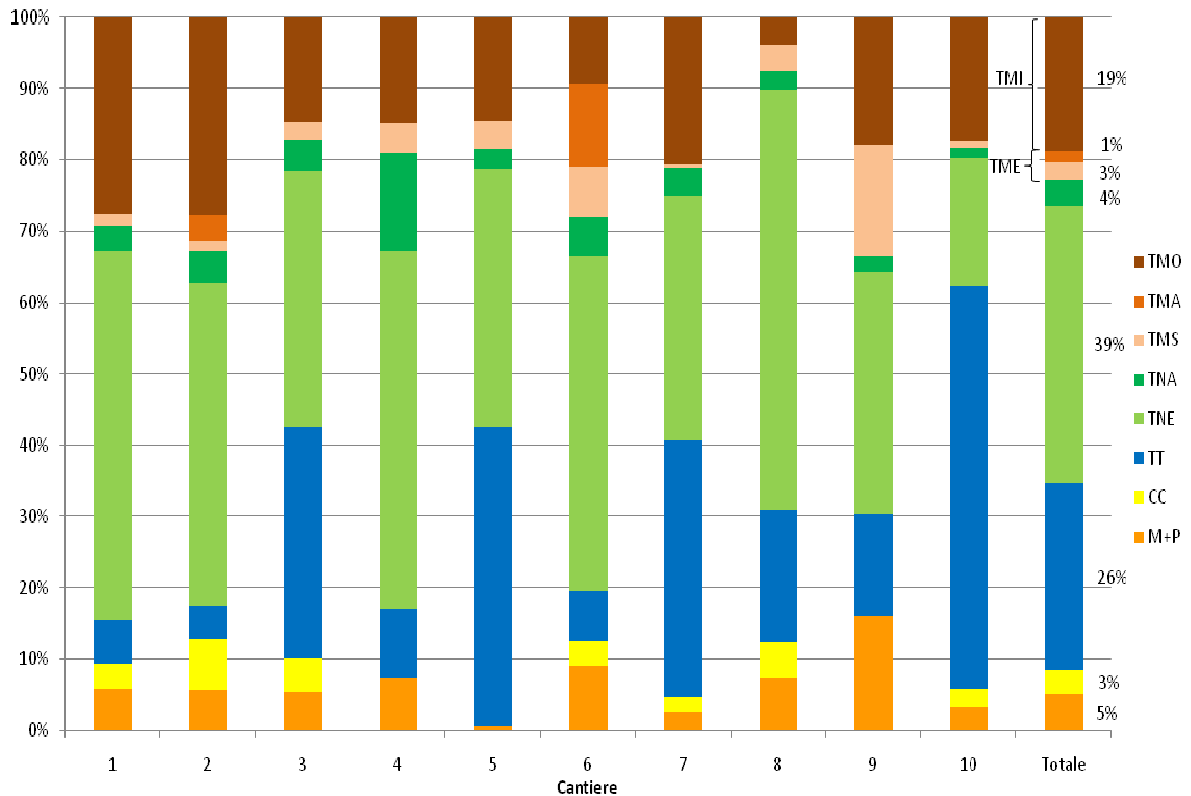


Grafico 3.11. Distribuzione percentuale delle fasi lavorative dei dieci cantieri e distribuzione percentuale media totale delle fasi lavorative.

*M+P = Manutenzione e Preparazione; CC = Cambio Coltelli; TT = Tempo di Trasferimento; TNE = TN Effettivo; TNA = TN Accessorio; TMS = TM Soggettivo; TMA = TM Accidentale; TMO = TM dovuto all'Organizzazione*

I risultati sullo studio dei dieci cantieri presentano caratteristiche molto variabili, da questo la difficoltà di rendere standardizzabili le situazioni e fare previsioni a tavolino sull'andamento degli stessi. Oltre alla diversità tra i tempi di percorrenza (TT), si nota il variare dei tempi morti, soprattutto quelli dovuti all'organizzazione del cantiere (TMO). Tra i cantieri con i valori più alti rientrano quelli in cui il conferimento del cippato è stato effettuato con un unico autocarro: cantieri N°1 e N°2 (Val Deserta e Lago) e quelli dislocati fuori valle, in particolare il N°7 e il N°10 (Pinzolo e S. Martino di Lupari). I cantieri N°4 e N°9 sono poco rappresentativi poiché di breve durata. Il cantiere N°8 (E.N.E.C.O. Predazzo) è quello che ha dato una minore percentuale di tempi morti dovuti all'organizzazione, grazie al fatto che non è stato necessario predisporre una logistica dei trasporti. Questo caso particolare è un esempio di massimizzazione della produttività della macchina a prescindere dal tipo di materiale. I tempi netti effettivi infatti si sono verificati percentualmente tra i più alti registrati, offrendo quindi una produttività lorda complessiva molto alta.

La frazione di tempo attribuita alla manutenzione è pressoché costante in tutti i cantieri, mentre la frazione di manutenzione è costante se considerata a livello giornaliero. Questa infatti viene effettuata dall'operatore ad ogni fine giornata lavorativa.

La sostituzione dei coltelli si è verificata mediamente ogni 3-5 ore di cippatura effettiva e 300 m<sup>3</sup><sub>st</sub> di cippato prodotti.

### 3.13 RISULTATI FINALI DELLO STUDIO SULLA PRODUTTIVITÀ DEI CANTIERI

Di seguito vengono riportati i risultati medi rilevati nei dieci cantieri, risultati sui quali verrà basato lo studio dei costi e lo sviluppo del modello per il calcolo della convenienza dell'approvvigionamento di biomassa.

Tabella 3.35. Produttività, consumi e distanze medie dei dieci cantieri.

Totale		
Volume lavorato	m <sup>3</sup> <sub>st</sub>	2277
Densità media	t/ m <sup>3</sup> <sub>st</sub>	0,24
Massa lavorata	t	538
Contenuto idrico medio su 29 campioni	%	37,6

Tempo totale (T)	h	72,17
------------------	---	-------

Produttività unitaria		m <sup>3</sup> <sub>st</sub> /h	t/h
	T	31,55	7,45
	T-TT	42,77	10,10
	TL	48,32	11,42
	TNE	81,32	19,21
		sec/ m <sup>3</sup> <sub>st</sub>	min/t
TNE	44,27	3,12	

Consumo totale carburante	l	1389
	l/gg	198

Consumo unitario carburante		l/h	
	TNE	49,60	
	T-TT	26,08	
		l/ m <sup>3</sup> <sub>st</sub>	l/t
TNE	0,61	2,58	

Distanza media del cantiere	km	42
Percorrenza tot.	km	843

Distanza unitaria	km/ m <sup>3</sup> <sub>st</sub>	0,37
	km/t	1,57
	km/h	45

T = tempo totale; T-TT = Tempo Totale esclusi i Tempi di Trasferimento; TL = Tempo Lordo; TNE = TN Effettivo.

I seguenti grafici rappresentano la durata complessivi in ore, la massa totale lavorata in  $m^3_{st}$ , la produttività sul tempo totale (T) in  $m^3_{st}/h$ , il consumo unitario di carburante della cippatrice in  $l/m^3_{st}$  e la distanza di ognuno dei dieci cantieri analizzati:

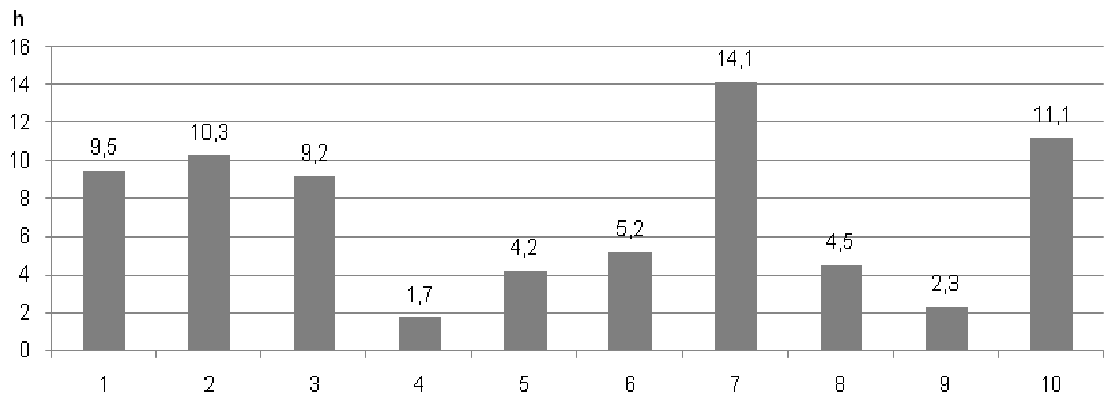


Grafico 3.12. Durata complessiva dei dieci cantieri.

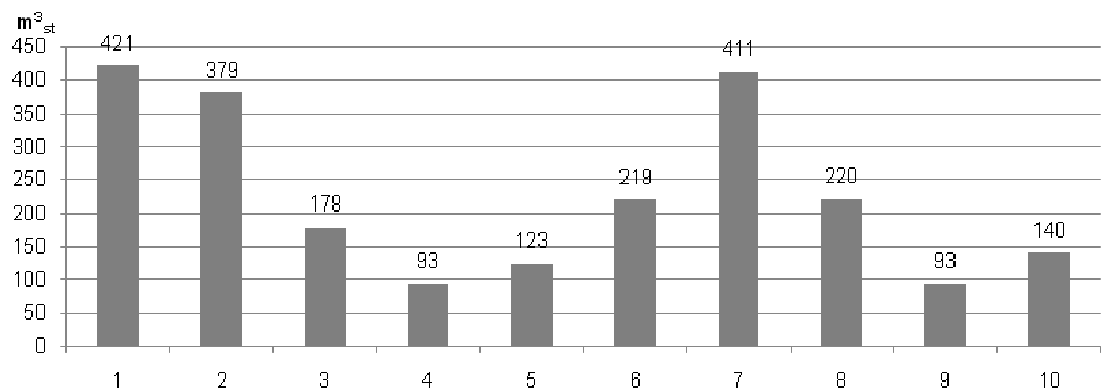


Grafico 3.13 Massa totale lavorata nei dieci cantieri.

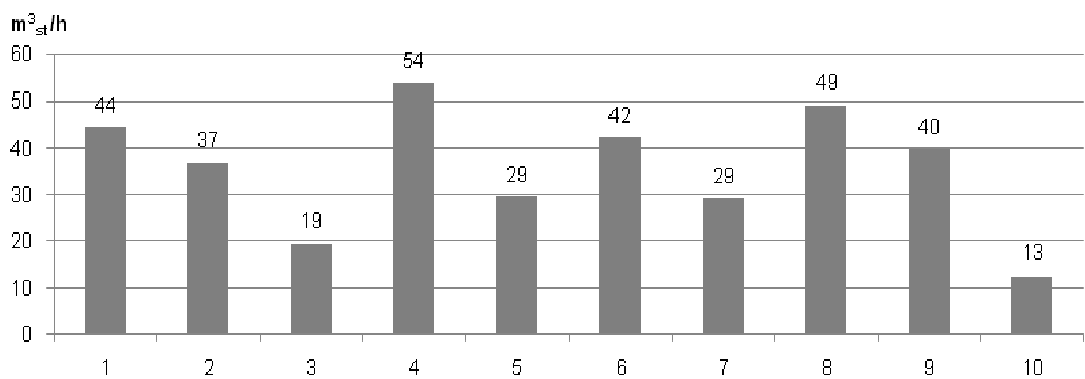


Grafico 3.14. Produttività sul tempo totale (T) dei dieci cantieri.

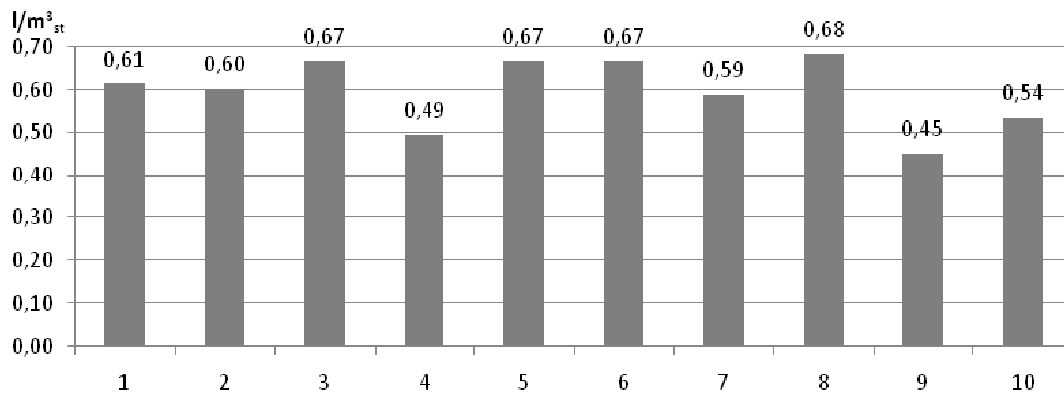


Grafico 3.15. Consumo unitario di carburante dei dieci cantieri.

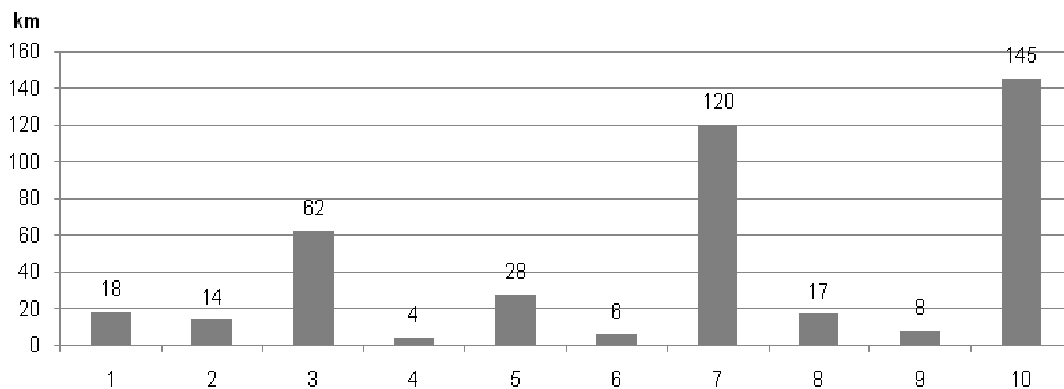


Grafico 3.16. Distanza di trasferimento dei dieci cantieri.

Dai risultati emersi si possono trarre le seguenti considerazioni:

- la massa lavorata, il consumo e la durata (fatta eccezione per i cantieri fuori valle 3, 7 e 10) sono proporzionali;
- la produttività lorda totale e la distanza del cantiere sono inversamente proporzionali;
- la produttività è più alta lì dove i cantieri subiscono meno l'influenza sia della distanza che dell'organizzazione della logistica dei trasporti, la dove quindi basta un autotreno per il trasporto dell'intero volume lavorato (cantiere N° 4 – Cermis) oppure dove il materiale viene cippato direttamente a destinazione (cantiere N°8 - E.N.E.C.O. – Predazzo);
- Il consumo unitario di carburante è più alto quando vengono cippati sciaveri e refili (cantieri 6 e 8), ippocastano (cantiere 3) e tondame particolarmente umido (cantiere 5).

### 3.13.1 Produttività in relazione al tipo di materiale

I grafici successivi riportano la produttività netta calcolata sui valori medi di ogni tipologia di materiale. Nel primo grafico è rappresentata una suddivisione in categorie ben distinte. Il materiale è stato cippato in purezza, nel caso in cui sia stato attribuito un unico appellativo, oppure misto con altri nel caso in cui si ci siano più appellativi. L'ordine degli appellativi sta ad indicare la prevalenza in volume dei diversi materiali.

Nel secondo grafico è rappresentata una suddivisione in macro-categorie di materiale, al fine di generalizzare le produttività nette che offrono mediamente le quattro tipologie prevalenti di materiale (tondame di abete rosso, stangame, ramaglia e sciaveri/refili).

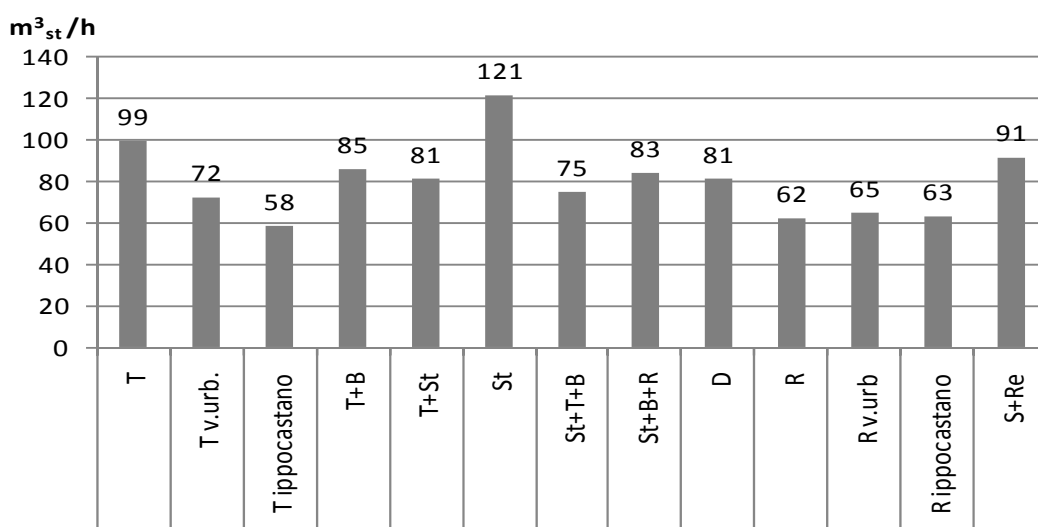


Grafico 3.17. Produttività calcolata sul tempo netto effettivo (TNE) al variare della tipologia di materiale. T = Tondame; T v.urb. = T verde urbano (pino e cedro); B = Botoli; St = Stangame; D = piante intere derivanti da Diradamenti; R = Ramaglia; S = Sciaveri; Re = Refili.

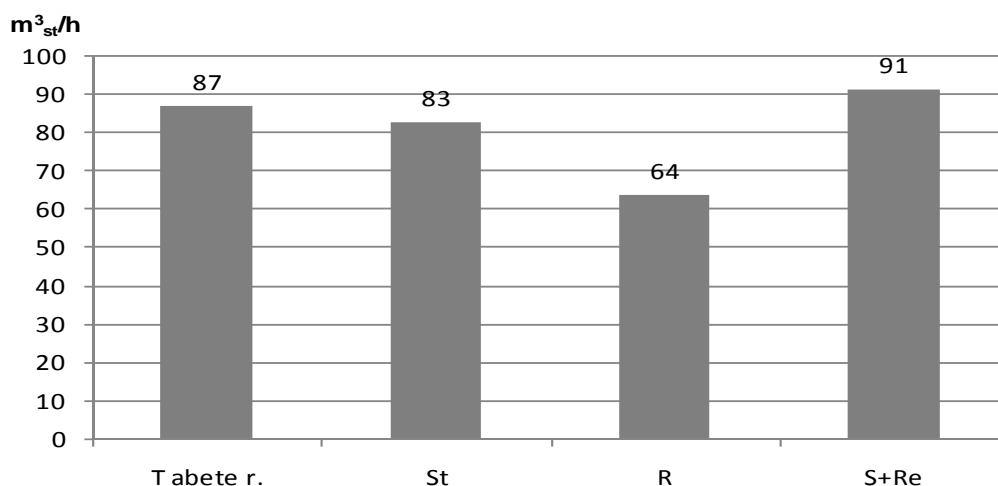


Grafico 3.18. Produttività calcolata sul tempo netto effettivo (TNE) al variare della tipologia di materiale. Media calcolata sulle macro-categorie. T = Tondame; St = Stangame; R = Ramaglia; S = Sciaveri; Re = Refili.

### 3.13.2 Variazione della produttività in funzione dell'usura delle lame

L'usura delle lame è un fattore che influenza la capacità della macchina di produrre cippato (Spinelli et al. 2008). In seguito alla constatazione del fatto che solitamente ad una sostituzione dei coltelli corrisponde un aumento della produttività, sono stati considerati due casi rappresentativi, verificati su campioni di materiale molto simile. Il primo caso riguarda la lavorazione di tondame di abete rosso sramato di dimensioni maggiori di 25 cm. Il secondo caso riguarda la cippatura di piante intere di abete rosso derivanti da un diradamento. In seguito vengono riportati i risultati del variare della produttività ( $m^3_{st}/h$ ) all'aumentare dell'usura delle lame intesa come  $m^3_{st}$  di cippato lavorati.

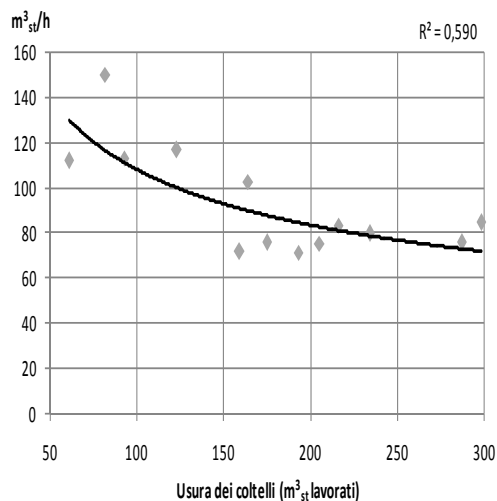


Grafico 3.19. Produttività espressa in  $m^3_{st}/h$  sul tempo netto effettivo (TNE) al crescere dell'usura dei coltelli espressa in  $m^3_{st}$  di materiale lavorato. Caso riferito al **tondame** (diam. maggiore di 25 cm).

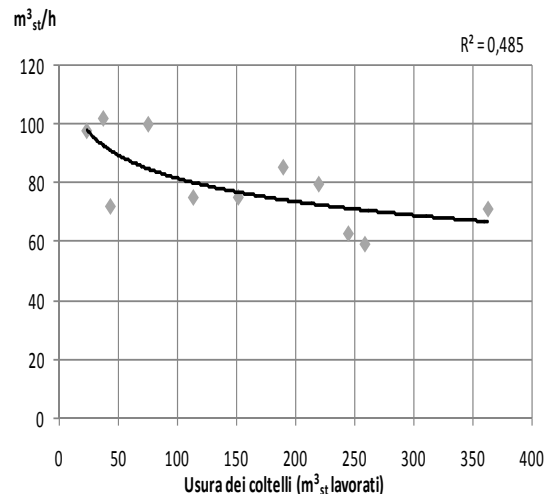


Grafico 3.20. Produttività espressa in  $m^3_{st}/h$  sul tempo netto effettivo (TNE) al crescere dell'usura dei coltelli espressa in  $m^3_{st}$  di materiale lavorato. Caso riferito a piante intere provenienti da un **diradamento** (diam. inferiore a 20 cm)

Lavorando tondame, dopo la produzione di circa  $300 m^3_{st}$  di cippato, la produttività si abbassa più del 40% rispetto a quella che si ottiene da un set di lame nuove. Lavorando piante intere di abete rosso provenienti da diradamento, dopo la produzione di più di  $350 m^3_{st}$  di cippato, risulta un calo di produttività all'incirca del 30% rispetto a quella ottenuta con coltelli nuovi. I coltelli vengono sostituiti mediamente dopo la lavorazione di  $300 - 350 m^3_{st}$  di cippato.

La tipologia del materiale tuttavia non è l'unica variante che determina la diversa usura dei coltelli, questa infatti dipende anche dalle condizioni del materiale e dall'eventuale presenza di materiale inadatto ad essere cippato, come sassi, pezzi di ferro e oggetti vari, che accidentalmente possono essere presenti all'interno della catasta di materiale. La sporcizia quindi, oltre a deprezzare il cippato può incidere sull'usura dei coltelli e quindi sulla produttività del cantiere.



#### 4 RISULTATI SULLA VALUTAZIONE DELLA CONVENIENZA DELL'APPROVVIGIONAMENTO DI CIPPATO

Grazie all'individuazione dei parametri riportati in materiali e metodi, è stato elaborato il modello di valutazione della convenienza dell'approvvigionamento di cippato; tale valutazione economica si è basata su valori medi standard calcolati a seguito dei rilievi diretti nei dieci cantieri dei dati di produttività media oraria e delle percentuali del tempo di trasferimento sul tempo totale. Per quanto riguarda il costo orario dell'operatore, il costo di esbosco o acquisto del materiale grezzo e il costo di conferimento del cippato sono stati attribuiti valori medi standard tipici delle situazioni locali (non misurati direttamente).

I valori considerati come situazione media nel modello sono stati i seguenti:

- produttività media orarie nel tempo lordo del cantiere ( $T - TT$ ) =  $42,7 \text{ m}_{\text{st}}^3/\text{h}$
- percentuale media del tempo di trasferimento (TT) sul tempo totale del cantiere (T) = 26%,
- costo orario dell'operatore = 50 €/h,
- costo di esbosco o di acquisto della materia prima = 15 €/m<sup>3</sup>,  
costo di conferimento =  $0,20 \text{ €*km}^{-1}\text{*t}^{-1}$ .

Dallo sviluppo del modello di calcolo sulla convenienza dell'approvvigionamento di cippato sono emersi i risultati riportati in Tabella 4.1.

Tabella 4.1. Modello utilizzato per il calcolo del costo orario della cippatrice

PARAMETRO DI CALCOLO	SIMBOLO	UNITÀ	VALORE
Valore a nuovo della macchina senza contributo	Vtot	€	180000
% costi coperti da contributo		%	50
Costo macchina con contributo	Vcont.	€	90000
% valore di recupero		%	15
Valore di recupero	Vr	€	27000
Costo della macchina	Vt (Vtot-Vr-Vcont.)	€	63000
Saggio d'interesse	r		0
Prezzo gasolio	Pc	€/l	1
Prezzo lubrificante	Pl	€/l	8
Costo annuo materiali rapido consumo (pneumatici..)	Ra		
Periodo di reintegra	N	anni	8
Durata tecnica	D	h	8000
Coefficiente di riparazione	s		1
Spese varie (assicurazione, ricovero, tasse)	v		0
Parametro per calcolo interessi	y		1
Consumo giornaliero carburante	CCd	l	190
Consumo giornaliero lubrificante	CLd	l	1
Ore effettive di impiego al giorno	g	h/d	4
Giorni effettivi di impiego all'anno	G	d/anno	113
Ore effettive di impiego all'anno	n	h/anno	450
<b>COSTI FISSI</b>			
Quota reintegra annua	Aa	€/anno	7875
Quota reintegra oraria	Ao	€/h	18
Quota annua interessi sul capitale	la	€/anno	945
Quota oraria interessi sul capitale	lo	€/h	2
Quota annua spese varie	Sva	€/anno	1260
Quota oraria spese varie	Svo	€/h	3
Totale costi fissi annui	Cfa	€/anno	10080
Totale costi fissi orari	Cfo	€/h	22
<b>COSTI VARIABILI</b>			
Quota giornaliera manutenzioni e riparazioni	Md	€/d	25
Quota oraria manutenzione e riparazioni	Mo	€/h	6
Quota giornaliera carburante	COCd	€/d	228
Quota oraria carburante	COC	€/h	57
Quota giornaliera lubrificante	COLd	€/d	8
Quota oraria lubrificante	COL	€/h	2
Quota giornaliera materiale rapido consumo (pneumatici...)	Rd	€/d	0
Quota oraria materiale rapido consumo (pneumatici...)	Ro	€/h	0
Quota giornaliera Coltelli	CCd	€/d	72
Quota oraria coltelli	CC	€/h	18
Totale costi variabili giornalieri	Cvd	€/d	333
Totale costi variabili orari	Cvo	€/h	83
<b>TOTALE COSTI</b>			
Totale costi orari macchina (CM) €/h	CM	€/h	106
Costo operaio + autocarro (CO-A) €/h CM + CoCaCg	CoCaCg	€/h	50

Tabella 4.2. Altri parametri usati per stimare il costo unitario del cippato

Percentuale media del tempo di trasferimento (TT) sul tempo totale (T)		%	26%
Costo giornaliero medio attribuito al tempo di trasferimento (TT)		€	117
Costo orario di trasferimento attribuito ad ogni ora lorda del cantiere (T-TT)	CoCaCg*K	€/h	13
<b>COSTO ORARIO COMPLESSIVO CANTIERE</b>	<b>CM+CoCaCg+CoCaCg*k</b>	<b>€/h</b>	<b>169</b>

Tabella 4.3. Produttività media dei cantieri indagati sul Tempo Totale (T) esclusi i Tempi di Trasferimento (TT)

Produttività oraria m <sup>3</sup> <sub>st</sub> /h (su ore totali di cantiere)	m <sup>3</sup> <sub>st</sub> /h	43
Produttività oraria t/h (su ore totali di cantiere)	t/h	10
Densità media del cippato	t/ m <sup>3</sup> <sub>st</sub>	0,236
Densità media del materiale di partenza	t/m <sup>3</sup>	0,8

Tabella 4.4. Costo unito complessivo: acquisto materiale e cippatura

Acquisto/Propria utilizzazione del materiale grezzo – costo medio	€/m <sup>3</sup>	15,00
	€/t	12,00
Costo unitario di produzione di cippato €/mst	€/m <sup>3</sup> <sub>st</sub>	3,95
	€/t	16,70
<b>COSTO UNITARIO TOTALE</b>	€/m <sup>3</sup> <sub>st</sub>	6,78
	€/t	28,70

Tabella 4.5. Costo unitario di conferimento (andata e ritorno) per un autocarro e rimorchio (modellato)

<b>€/km<sup>1</sup>*t<sup>-1</sup> a/r</b>
0,20

<b>Distanza di conferimento</b>	<b>costo trasporto</b>
<b>km</b>	<b>€/km</b>
25	10,00
50	20,00
75	30,00
100	40,00
125	50,00
150	60,00

Tabella 4.6. Ricavo netto

<b>Prezzo del cippato</b>	<b>Ricavo netto</b>
<b>€/t</b>	<b>€/t</b>
20	-8,73
30	1,27
40	11,27
50	21,27
60	31,27
70	41,27
80	51,27

#### 4.1.1 Costo orario della cippatrice

Il costo orario della cippatrice è calcolato sulla base delle ore effettive lavorate annue. Per questo tipo di macchina in questa particolare condizione lavorativa sono state approssimate 450 ore annue effettive lavorative.

Il costo orario di utilizzo diminuisce con l'aumentare dell'impiego annuo della macchina, come riportato nel Grafico 4.1.

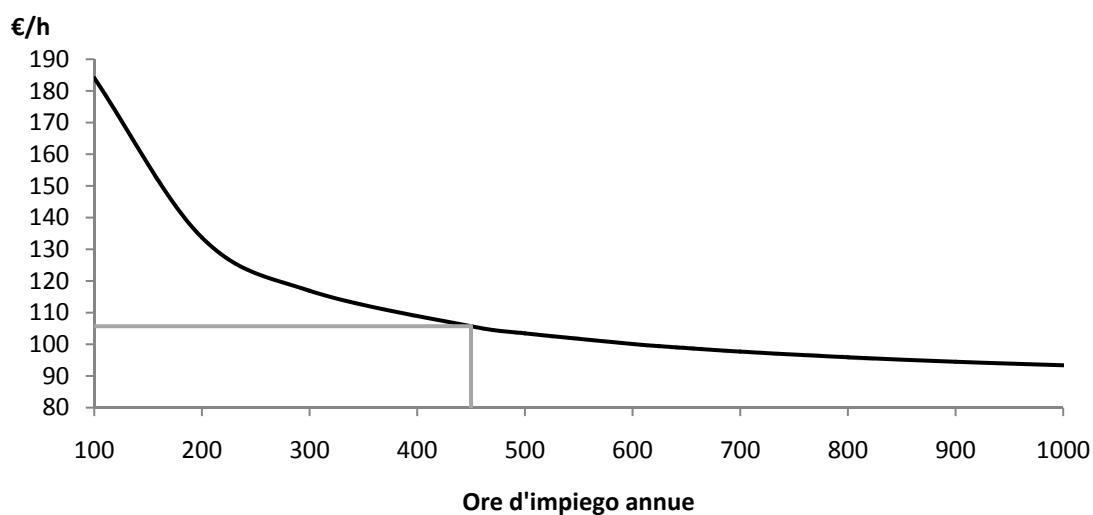


Grafico 4.1. Costo orario della cippatrice in relazione alle ore annue effettive lavorate. La linea grigia indica la situazione reale.

#### 4.1.2 I ricavi ottenuti dall'approvvigionamento di cippato

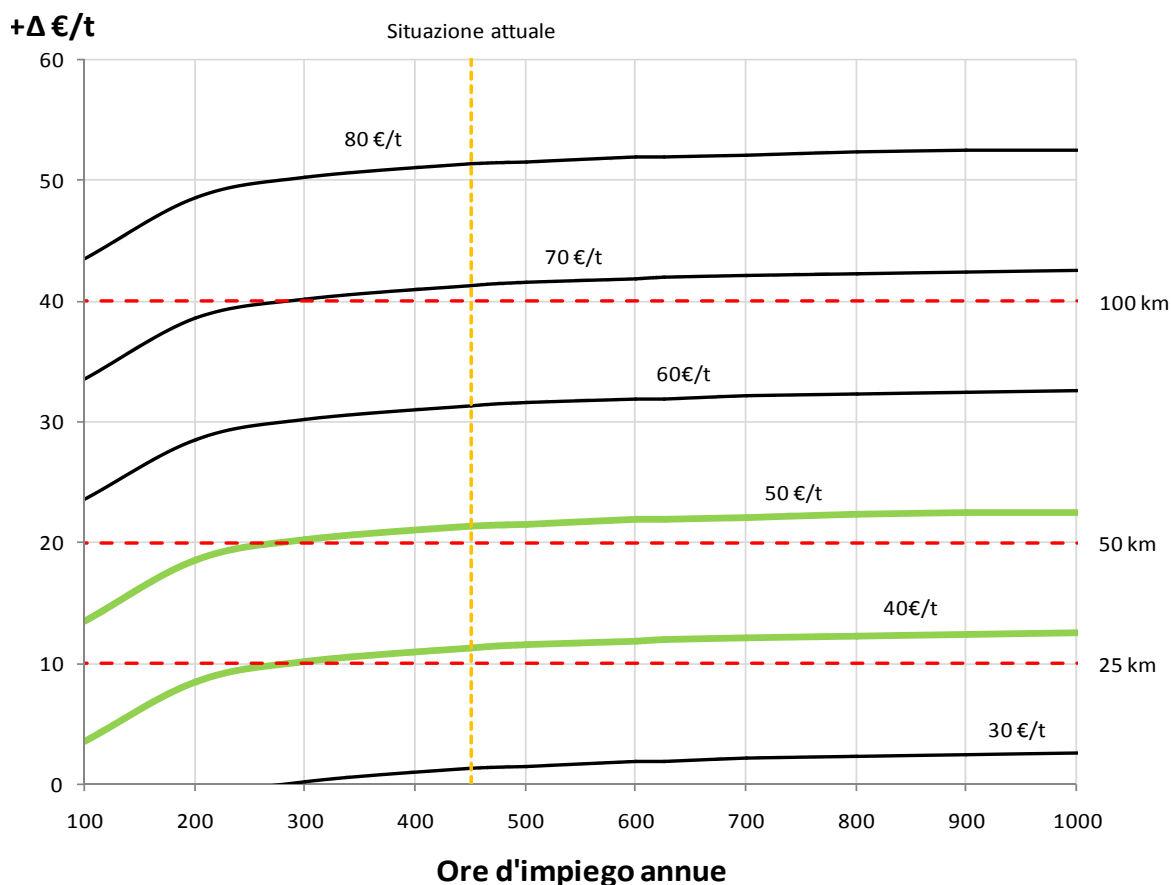


Grafico 4.2. Ricavo netto in funzione delle ore annue di utilizzo della macchina. Ogni curva corrisponde a un diverso prezzo di acquisto del cippato. Le linee tratteggiate indicano entro quale distanza è conveniente conferire il cippato.

Ogni curva corrisponde ad un determinato prezzo di mercato del cippato. In questo modo è possibile determinare con quante ore minime operative annue della macchina, possa essere auspicabile un certo ricavo nelle suddette condizioni di approvvigionamento e per ogni prezzo di mercato assegnato. È inoltre possibile trarre considerazioni sulla convenienza al conferimento del cippato grazie alla rappresentazione dalle linee orizzontali che corrispondono alla distanza espresse in km. Considerando una situazione media di mercato si può dire che nelle condizioni attuali in cui la macchina lavora 450 ore all'anno, raggiunge dei ricavi con un valore di mercato del cippato al di sopra dei 30 €/t, senza le spese di conferimento a carico dell'azienda. Qualora la stessa azienda si incaricasse anche del conferimento del materiale, questo dovrebbe avere un prezzo di mercato sopra i 40 €/t per rendere conveniente un conferimento oltre i 25 km mentre sopra i 50 €/t per un conferimento oltre i 50 km.

#### **4.2 ANALISI DI REATTIVITÀ SU ALCUNE VARIABILI DEL MODELLO**

La realtà della filiera di approvvigionamento di biomassa ad uso energetico è tutt'altro che standardizzabile. Gli elementi che precedentemente sono stati inseriti nel modello di convenienza sono la media risultante tra i diversi casi presi in esame. Ci si è posto il problema di dare delle indicazioni relative alle principali variabili che determinano le variazioni dei ricavi, attribuendo loro un peso ed effettuando una serie di analisi di reattività sulle assunzioni del modello di valutazione.

Le variabili considerate sono:

- la distanza di trasferimento per il raggiungimento del cantiere espresso in percentuale del tempo di trasferimento sul tempo totale;
- la tipologia di materiale, che a sua volta va a determinare la produttività media oraria del cantiere;
- l'organizzazione del cantiere.

##### *4.2.1 Tipologia di materiale*

La tipologia di materiale va ad influenzare la produttività oraria media del cantiere di cippatura, e quindi anche la convenienza finale della filiera, oltre che la qualità del materiale. Sono stati analizzati quattro casi tipici significativi, risultato delle osservazioni in campo. I quattro casi in questione sono quelli che più di frequente si presentano nella realtà locale e sono messi a confronto con le condizioni medie rilevate nei dieci cantieri. Questi valori sono stati ottenuti moltiplicando il valore di produttività nel tempo netto effettivo (TNE) di ogni materiale (S+Re; T abete r.; D; R) per un valore k, dove k = rapporto tra la produttività nel tempo totale meno il tempo di trasferimento ( $P_{T-TT}$ ) e quella nel tempo netto effettivo ( $P_{TNE}$ ):

$$P_{T-TT} / P_{TNE} = 0,525$$

Le situazioni considerate fanno riferimento alle seguenti tipologie di materiale e produttività (calcolate sul tempo totale escluso il trasferimento (T-TT)):

- Produttività media = 42,7 m<sup>3</sup><sub>st</sub> /h;
- Produttività di sciaveri e refili derivanti da scarti di segheria = 47,7 m<sup>3</sup><sub>st</sub> /h;
- Produttività del tondame = 45,67 m<sup>3</sup><sub>st</sub> /h;
- Produttività di piante intere derivanti da diradamento = 42,5 m<sup>3</sup><sub>st</sub> /h;
- Produttività di ramaglia = 33 m<sup>3</sup><sub>st</sub> /h.

Nel grafico presente viene rappresentato l'incremento o la perdita percentuale di ricavo netto rispetto alle condizioni medie standard prese come riferimento e in base al prezzo di mercato del cippato. Tutte le altre variabili vengono considerate costanti.

Tabella 4.7. Ricavi netti al variare della tipologia di materiale lavorata e al prezzo del cippato. Valori incrementali riferiti al ricavo medio.

Prezzo del cippato	Ricavo netto medio	S / Re		T abete r.		D		R	
		Ricavo	Inc. sul ricavo netto medio	Ricavo	Inc. sul ricavo netto medio	Ricavo	Inc. sul ricavo netto medio	Ricavo	Inc. sul ricavo netto medio
€/t	€/t	€/t		€/t		€/t		€/t	
30	1,30	3,02	133%	2,36	82%	1,20	-7,6%	-3,65	-381%
40	11,30	13,02	15%	12,36	9%	11,20	-0,9%	6,35	-44%
50	21,30	23,02	8%	22,36	5%	21,20	-0,5%	16,35	-23%
60	31,30	33,02	6%	32,36	3%	31,20	-0,3%	26,35	-16%
70	41,30	43,02	4%	42,36	3%	41,20	-0,2%	36,35	-12%
80	51,30	53,02	3%	52,36	2%	51,20	-0,2%	46,35	-10%

S = Sciaveri; Re = Refili; T = Tondame; D = piante intere derivanti da Diradamenti; R = Ramaglia.

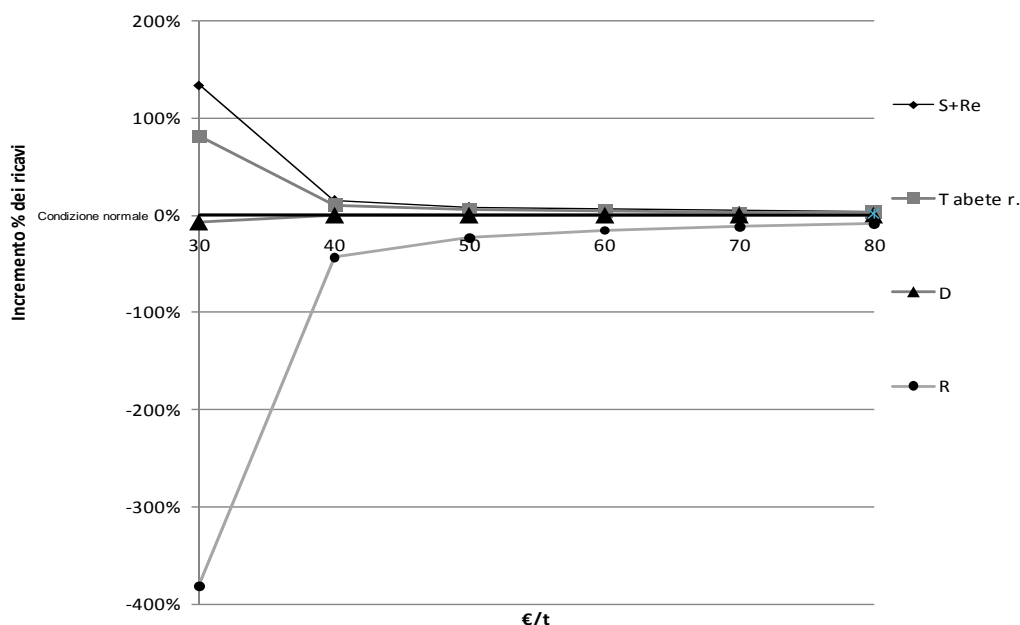


Grafico 4.3. Variazione incrementale dei ricavi su ogni tonnellata di cippato prodotta rispetto ai ricavi medi standard, al variare del prezzo del cippato e della tipologia di materiale lavorata.

Più si abbassa il prezzo di mercato del cippato, maggiormente si accentuano gli incrementi percentuali di ricavo dovuti al variare del tipo di materiale e quindi della produttività.

La lavorazione di sciaveri e refili mediamente comporta alte produttività e quindi un incremento unitario di ricavo più alto, in misura minore succede anche per la lavorazione di tondame di abete rosso. Lavorando piante intere provenienti da diradamento si ottiene una situazione praticamente identica a quella standard, mentre lavorando ramaglia la produttività oraria si riduce notevolmente comportando dei ribassi nei ricavi netti.

Il seguente grafico riporta la variazione dei ricavi netti all'aumentare delle ore d'impiego annuo della macchina e un prezzo di mercato di mercato del cippato di 40 €/t.

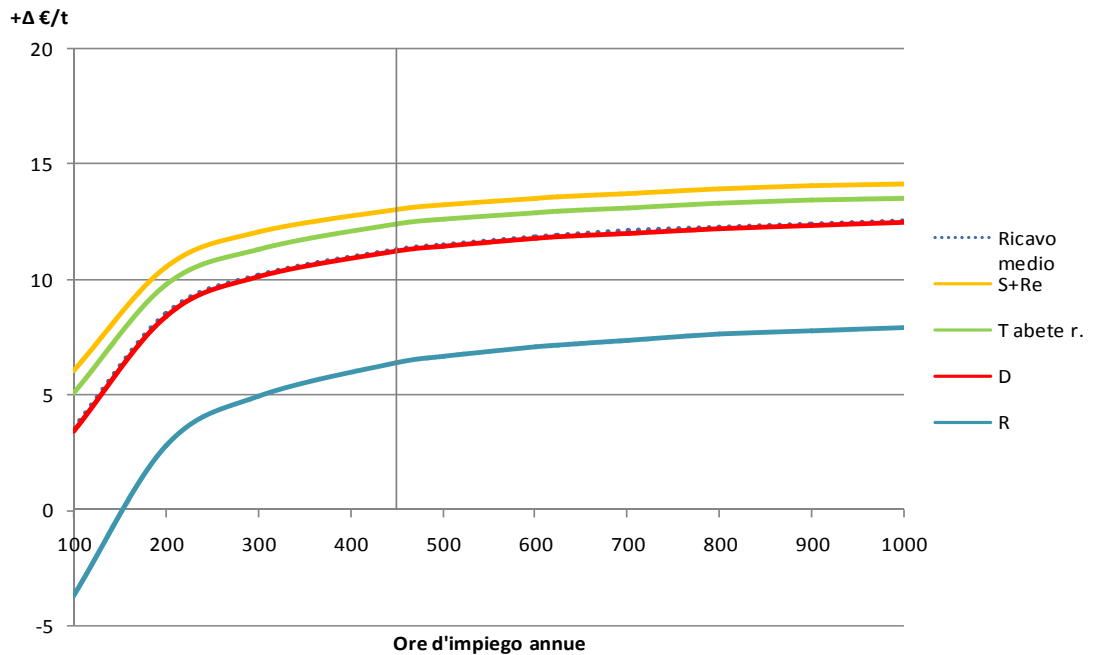


Grafico 4.4. Ricavi netti con un prezzo di mercato del cippato di 40 €/t. Viene riportato ricavo unitario per ogni tonnellata di cippato prodotta al variare delle ore d'impiego annue della cippatrice e del materiale lavorato. Il valore di 450 ore corrisponde alla situazione reale lavorativa della cippatrice.

#### 4.2.2 Distanza del cantiere dal deposito macchina

La distanza di trasferimento compromette la remunerabilità dell'intervento di prelievo della biomassa, in quanto l'impiego di mezzi e manodopera si prolunga a parità di volumi lavorati.

Tenendo in considerazione condizioni di produttività oraria media, quindi pari a  $42,7 \text{ m}^3_{\text{st}}/\text{h}$ , è stato fatto un confronto sul variare dei ricavi al variare della percentuale di tempo impiegata nel trasferimento (TT) rispetto al tempo totale del cantiere (T). Le situazioni considerate fanno capo alle osservazioni dirette in campo sui dieci cantieri. Si è deciso di fare un confronto fra i cantieri svolti nel circondario della Val di Fiemme, quindi entro un raggio di 30 km, e i cantieri situati al di fuori del circondario, oltre i 30 km.

I parametri di percentuale del tempo di trasferimento sul tempo totale sono i seguenti:

- valore medio = 26%;
- valore entro 30 km = 19%;
- valore oltre 30 km = 42%.

In seguito sono riportati i risultati dell'incremento o la perdita percentuale di ricavo netto rispetto alle condizioni medie standard prese come riferimento e in base al prezzo di mercato del cippato. Tutte le altre variabili vengono considerate costanti.

Tabella 4.8. Ricavo netto per ogni tonnellata prodotta in condizioni medie, prodotte entro 30 km, oltre 30 km e la differenza tra le due diverse situazioni.

Prezzo del cippato €/t	Ricavo netto medio €/t	entro 30 km	oltre 30 km	differenza
		Inc. sul ricavo netto medio	Inc. sul ricavo netto medio	
30	1,29	28%	-61%	-89%
40	11,29	3%	-7%	-10%
50	21,29	2%	-4%	-5%
60	31,29	1%	-2%	-4%
70	41,29	1%	-2%	-3%
80	51,29	1%	-2%	-3%

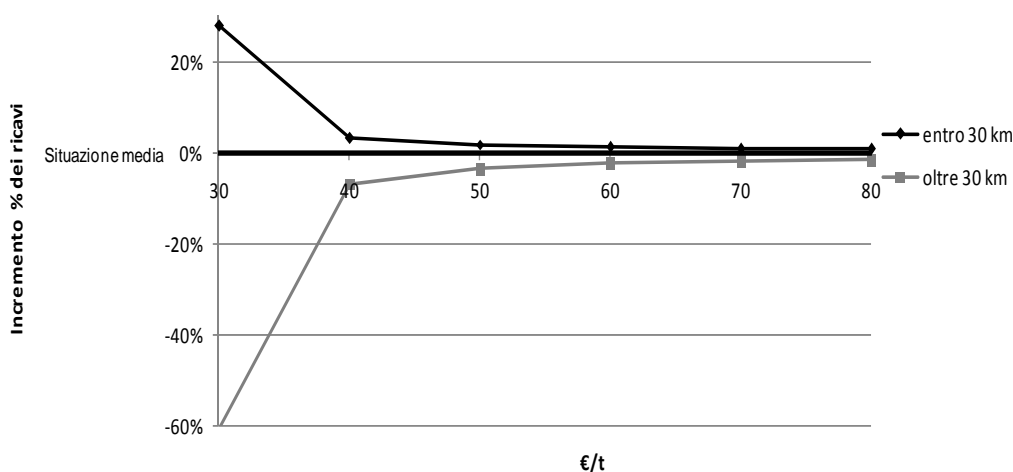


Grafico 4.5. Variazione incrementale dei ricavi su ogni tonnellata di cippato prodotta rispetto ai ricavi medi standard, al variare del prezzo del cippato e della distanza del cantiere.

Ipotizzato un prezzo di mercato del cippato di 40 €/t, risulta una diminuzione dei ricavi netti calcolati per ogni tonnellata pari al 10%. Oltre a questo fatto si è potuto notare inoltre che nei cantieri svolti in valle la logistica dei trasporti del cippato è tendenzialmente meglio organizzata, ciò implica una diminuzione dei tempi morti di attesa degli autocarri adibiti al conferimento e un aumento della produttività del cantiere. Quindi lavorare entro il raggio di 30 km non solo fa aumentare i ricavi a parità di prezzo di mercato, ma rende più efficace e organizzato l'intero sistema della filiera di approvvigionamento di biomassa.

#### 4.2.3 Ipotesi del raggiungimento di una produttività ideale

E' stato posto il problema di calcolare la produttività media oraria del cantiere nel caso in cui vengano ridotti al minimo i tempi morti dovuti all'attesa dell'arrivo degli autocarri sui quali cippato il materiale. In sostanza il risultato è stato l'individuazione di una teorica produttività di cantiere in situazioni medie, riducendo il più possibile i tempi morti dovuti all'organizzazione (TMO). Ammettendo che la riduzione dei tempi morti comporti un aumento dei tempi netti lavorativi, è stato stimato un aumento della percentuale di questi ultimi dal 42,5 al 57,5% sul totale e un incremento



di produttività del 49%. I tempi morti invece passerebbero dal 22,7 al 7,5% sul totale. Si stima quindi una produttività media oraria potenziale sul tempo totale escluso il trasferimento di  $64 \text{ m}^3_{\text{st}}/\text{h}$ , anziché di  $42,77 \text{ m}^3_{\text{st}}/\text{h}$ . Tale produttività comporterebbe indubbiamente degli aumenti dei ricavi netti finali per ogni tonnellata di cippato prodotto. Questi dati vengono riportati in Tabella 4.9 ed esprimono il variare dei ricavi al variare del prezzo di mercato del cippato. Tutte le altre variabili vengono considerate costanti.

Tabella 4.9. Variare dei ricavi per ogni tonnellata di cippato prodotta con il variare del prezzo di mercato, al raggiungimento della produttività oraria potenziale di  $64 \text{ m}^3_{\text{st}}/\text{h}$ , rispetto a quella attuale di  $42,77 \text{ m}^3_{\text{st}}/\text{h}$ . L'ultima colonna esprime gli incrementi percentuali di ricavo al variare del prezzo di mercato del cippato con il raggiungimento della suddetta produttività.

Prezzo del cippato	Ricavo netto medio reale	Ricavo netto medio potenziale	Incremento di ricavo
€/t	€/t	€/t	
30	1,27	6,84	439%
40	11,27	16,84	49%
50	21,27	26,84	26%
60	31,27	36,84	18%
70	41,27	46,84	13%
80	51,27	56,84	11%

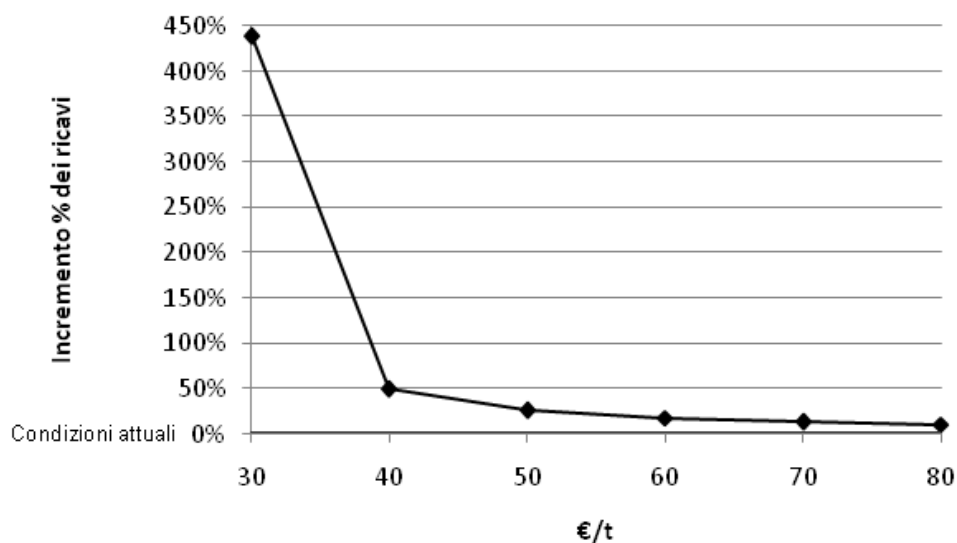


Grafico 4.6. Variazione incrementale dei ricavi su ogni tonnellata di cippato prodotta rispetto ai ricavi medi standard, al variare del prezzo del cippato, nel caso in cui i tempi morti dovuti all'organizzazione del cantiere siano ridotti al minimo.

Il peso di questa variabile sulla determinazione della convenienza di approvvigionamento è il più alto fra tutti. Va però considerato che l'espressione di questi valori è del tutto teorica. Tuttavia questo dimostra che la soglia potenziale di produttività oraria dei cantieri di cippatura va ben oltre la realtà attuale. Il grafico esprime come al crescere del prezzo di mercato gli incrementi di ricavo si facciano sempre minori come nei casi precedenti. Al valore di 40 €/t si riscontra un incremento dei ricavi vicino al 50% per ogni tonnellata prodotta.

#### 4.2.4 Contributo del P.S.R. sull'acquisto della macchina

Nel 2005, anno di consegna della cippatrice, l'acquisto da parte della Magnifica Comunità di Fiemme ha goduto di un finanziamento sul P.S.R. pari al 50% della spesa di circa 180.000 €. Questo fatto ha inciso in maniera importante sulla convenienza dell'intera filiera di approvvigionamento di biomassa. La macchina può essere utilizzata anche al di sotto della soglia minima di ore annue lavorative che in condizioni normali (senza contributo) garantiscono la remunerabilità della stessa. Si è voluto quantificare quale sarebbe stata la perdita di guadagno in una tonnellata se l'acquisto della macchina non avesse usufruito del contributo. Tutte le altre variabili vengono considerate costanti.

Tabella 4.10. Ricavo netto per ogni tonnellata di cippato prodotta in condizioni medie calcolata con e senza la copertura del 50% offerta dal PSR sul prezzo di acquisto della macchina.

<b>Prezzo del cippato</b>	<b>Ricavo netto medio con contributo</b>	<b>Ricavo netto medio senza contributo</b>	<b>Incremento di ricavo</b>
<b>€/t</b>	<b>€/t</b>	<b>€/t</b>	
30	1,27	-2,80	145%
40	11,27	7,20	56%
50	21,27	17,20	24%
60	31,27	27,20	15%
70	41,27	37,20	11%
80	51,27	47,20	9%

Con un prezzo di mercato del cippato di 40 €/t si verifica un incremento di ricavo unitario del 56% rispetto all'ipotesi di un acquisto della macchina non coperto dal contributo. Grazie a questo la filiera di approvvigionamento diventa conveniente anche con un prezzo di mercato del cippato di 30 €/t, cosa che non avviene nella situazione senza contributo.

## 5 RISULTATI RELATIVI ALLA QUALITÀ DEL CIPPATO

### 5.1 CONTENUTO IDRICO E DENSITÀ DEL MATERIALE

In seguito all'analisi in laboratori riportata in materiali e metodi, si sono riscontrate le caratteristiche di umidità dei campioni raccolti nei dieci cantieri riportate nella Tabella 5.1.

Tabella 5.1. Codice dei campioni, numero e località del cantiere, materiale cippato e contenuto idrico e densità dei campioni.

Codice Campione	Cantiere	Località	Materiale	Contenuto idrico	Densità
				% (w)	kg/ m <sup>3</sup> <sub>st</sub>
001	1	Val Deserta	R	49,8	264
002	1	Val Deserta	T	43,1	263
003	1	Val Deserta	T	33,6	242
004	1	Val Deserta	T	34,3	266
005	1	Val Deserta	T+B	40,4	254
006	1	Val Deserta	S+Re	27,9	201
007	2	Lago Tesero	D	21,1	189
008	2	Lago Tesero	D	31,1	201
009	3	Trento	T ippocast	49,8	291
010	3	Trento	R ippocast.	50,2	254
011	3	Trento	T ippocast	46,2	312
012	4	Cermis	T	38,7	240
013	4	Cermis	T	41,3	233
014	5	S. Pellegrino	St+B+R	52,4	288
015	5	S. Pellegrino	T+St	42,0	250
016	5	S. Pellegrino	T+B	50,6	267
017	6	Cadino	T+St	32,5	185
018	6	Cadino	S+Re	21,5	187
019	6	Cadino	T+St	36,2	225
020	7	Pinzolo	St	51,7	294
021	7	Pinzolo	St+T+B	31,1	231
022	7	Pinzolo	St+T+B	25,1	190
023	7	Pinzolo	St+T+B	56,1	303
024	8	ENECO Predazzo	S+Re	20,1	193
025	8	ENECO Predazzo	S+Re	20,6	185
026	9	Cermis	T	37,1	229
027	10	S. Martino di Lupari	T v.urb.	46,0	356
028	10	S. Martino di Lupari	R v.urb	33,8	254
029	10	S. Martino di Lupari	R v.urb	26,2	196
			media	37,6	243

*T = Tondame; T v.urb. = T verde urbano (pino e cedro); B = Botoli; St = Stangame; D = piante intere derivanti da Diradamenti; R = Ramaglia; S = Sciaveri; Re = Refilli*

Dai dati riportati è risultato un contenuto idrico sul totale dei campioni pari al 37,6% e una densità pari a 243 kg/ m<sup>3</sup><sub>st</sub> ripartita tra le diverse micro e macro-categorie di materiale complessivamente analizzate (Tabella 5.2).

Tabella 5.2. Risultati del contenuto idrico percentuale medio e della densità media del materiale, suddivisi per micro e macrocategorie.

	Microcategorie	
	Contenuto idrico medio	Densità media
	%	kg/ m <sup>3</sup> <sub>st</sub>
<b>T</b>	38,0	245
<b>T v.urb.</b>	46,0	356
<b>T latif.</b>	48,0	301
<b>T+B</b>	45,5	260
<b>T+St</b>	36,9	220
<b>St</b>	51,7	294
<b>St+T+B</b>	37,4	241
<b>St+B+R</b>	52,4	288
<b>D</b>	26,1	195
<b>R</b>	49,8	264
<b>R v.urb</b>	30,0	225
<b>R latif.</b>	50,2	254
<b>S+Re</b>	22,5	191
	Macrocategorie	
	Contenuto idrico medio	Densità media
	%	kg/ m <sup>3</sup> <sub>st</sub>
<b>T</b>	40,8	258
<b>St</b>	38,4	242
<b>R</b>	40,0	242
<b>S+Re</b>	22,5	191

*T = Tondame; T v.urb. = T verde urbano (pino e cedro); B = Botoli; St = Stangame; D = piante intere derivanti da Diradamenti; R = Ramaglia; S = Sciaveri; Re = Refili.*

## 5.2 PEZZATURA DEL MATERIALE

Dopo la vagliatura in laboratorio dei 29 campioni raccolti, sono emersi i risultati sulla frazione granulometrica del materiale riportati nei grafici seguenti. Il dettaglio dell'analisi dei singoli campioni è riportato negli allegati.

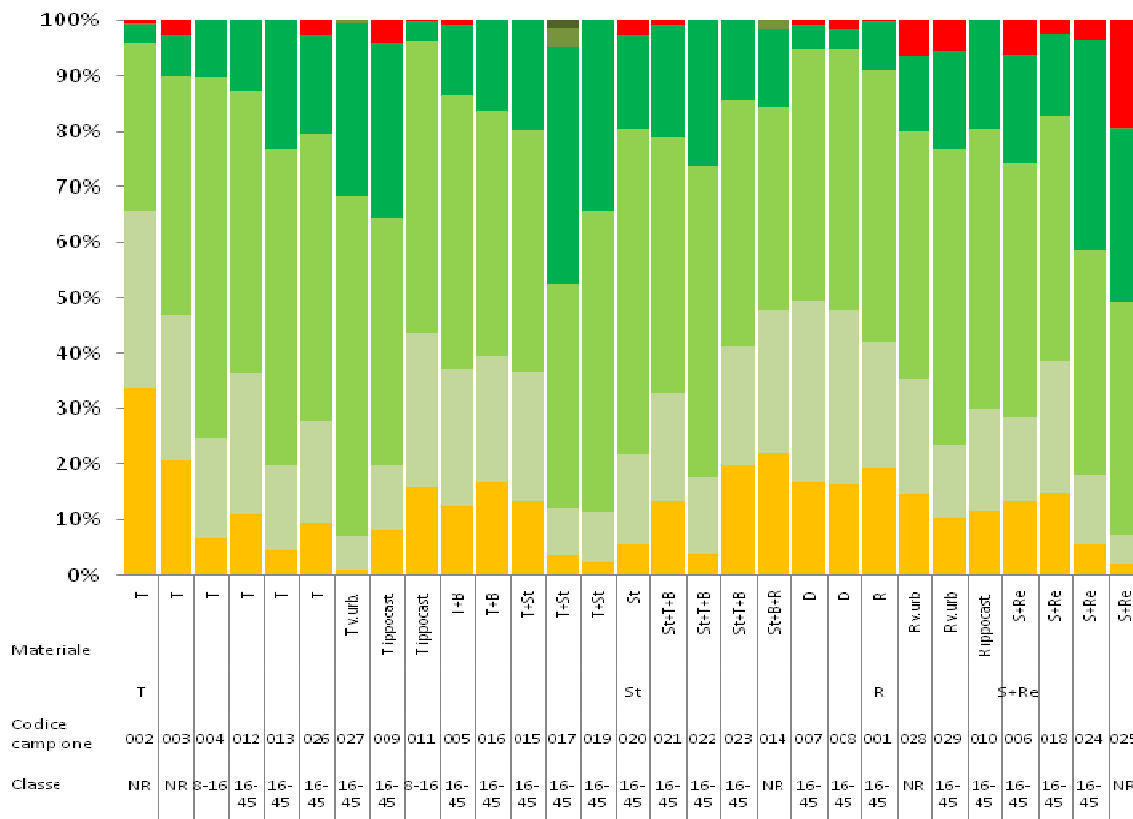


Grafico 5.1. Frazione granulometrica percentuale dei 29 campioni suddivisa in classi di appartenenza di materiale (micro e macro-categorie). Sotto l'asse delle ascisse sono riportati le micro e macro-categorie di materiale, il codice rispettivo di ogni campione e la classe di appartenenza granulometrica.

T = Tondame; T v.urb. = T verde urbano (pino e cedro); B = Botoli; St = Stangame; D = piante intere derivanti da Diradamenti; R = Ramaglia; S = Sciaveri; Re = Refili; NR = Non Raggiunto.

La cippatrice Jenz HEM 560 D mediamente produce soprattutto scaglie di legno di dimensioni comprese tra gli 8 e i 16mm, tendenzialmente più piccole rispetto alle concorrenti di caratteristiche tecniche simili. Questo è riportato anche in Spinelli *et al.* (2004). Gli sciaveri e i refili sono il materiale che più di tutti produce sopra misure, mentre le sotto misure sono prodotte soprattutto da materiale non sramato o da materiale lavorato con coltelli del rotore particolarmente usurati.

Successivamente è stata calcolata la media sulle frazioni granulometriche dei campioni appartenenti ad ogni micro e macro-categoria di materiale. Nel Grafico 5.2 è rappresentata una suddivisione in categorie ben distinte: il materiale è stato cippato in purezza, nel caso in cui è attribuito un unico appellativo, oppure misto con altri nel caso in cui si ci siano più appellativi. L'ordine degli appellativi sta ad indicare la prevalenza in volume dei diversi materiali considerata nel calcolo della produttività.

Nel Grafico 5.3 è rappresentata una suddivisione in macro-categorie di materiale, al fine di generalizzare le caratteristiche per pezzatura che offrono mediamente le quattro tipologie prevalenti di materiale (tondame, stangame, ramaglia e sciaveri/refili).

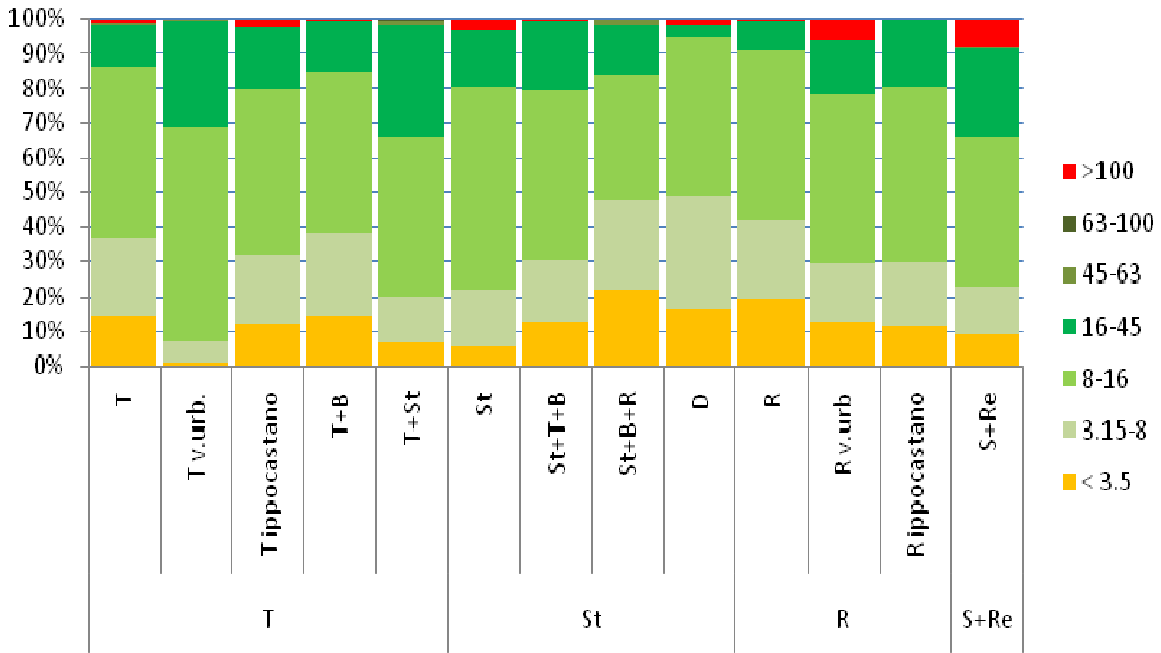


Grafico 5.2. Pezzatura media riscontrata nelle diverse tipologie di materiale raccolte in categorie.  
*T = Tondame; T v.urb. = T verde urbano (pino e cedro); B = Botoli; St = Stangame; D = piante intere derivanti da Diradamenti; R = Ramaglia; S = Sciaveri; Re = Refilli.*

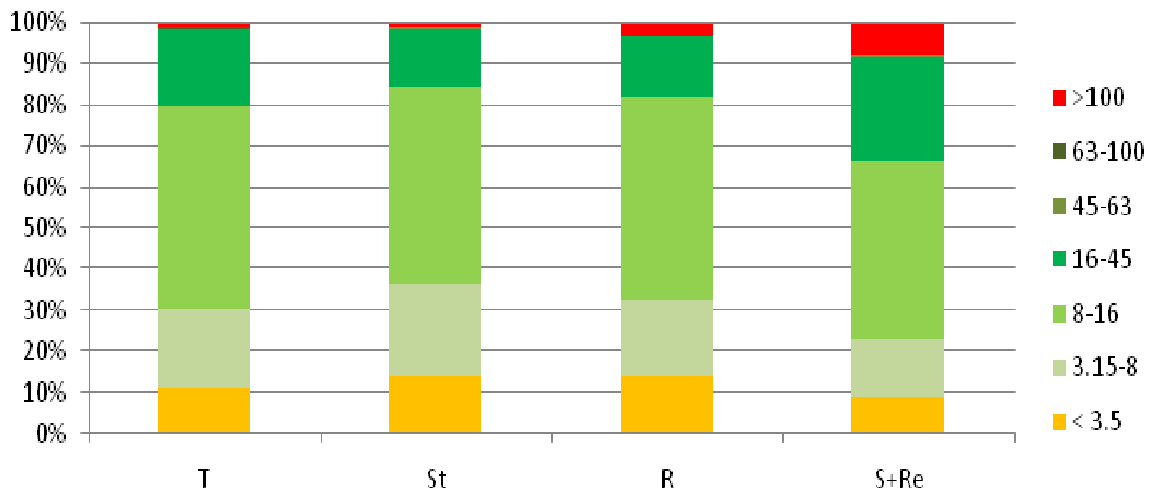


Grafico 5.3. Pezzatura media riscontrata nelle diverse tipologie di materiale raccolte in macro-categorie.  
*T = Tondame; St = Stangame; R = Ramaglia; S = Sciaveri; Re = Refilli.*

### 5.3 RELAZIONE TRA USURA DELLE LAME, TIPOLOGIA DI MATERIALE, E PEZZATURA DEL CIPPATO

Una ulteriore analisi ha messo in luce come cambiano la produttività della cippatrice e la qualità del cippato al variare della tipologia di materiale lavorato e dell'usura dei coltelli della cippatrice nel tempo (Grafico 5.4). Questa valutazione è stata possibile grazie al rilievo dei dieci cantieri in successione.

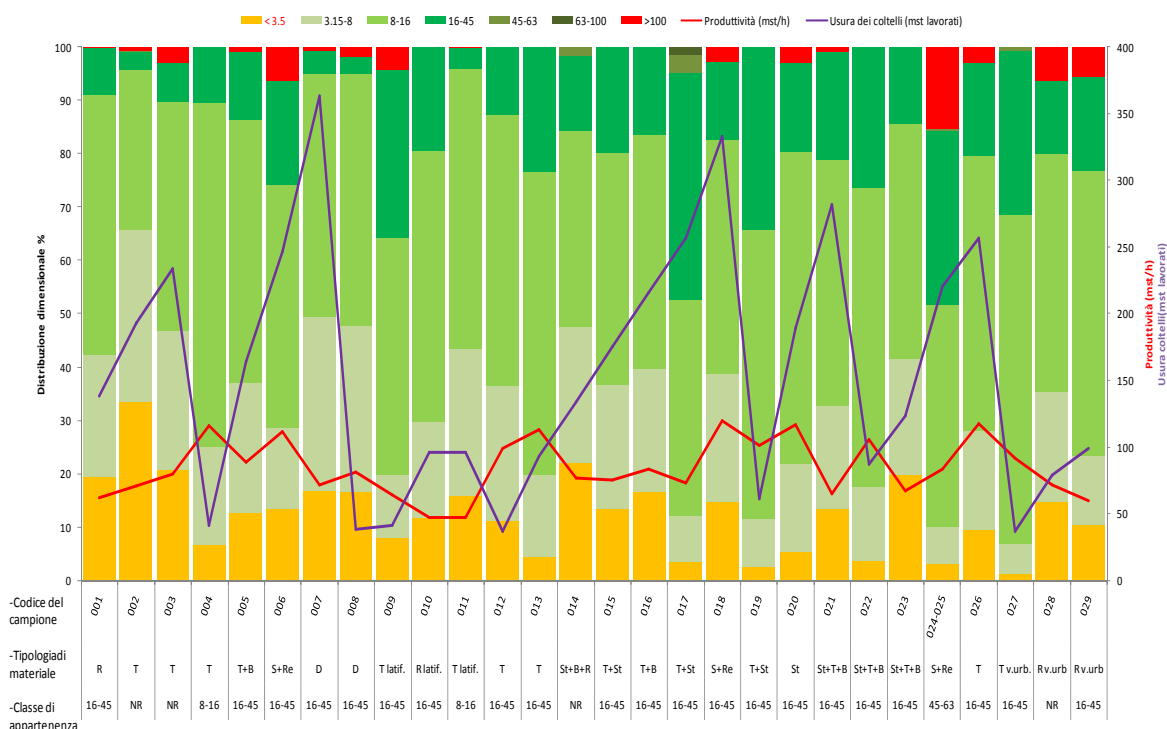


Grafico 5.4. Distribuzione delle frazioni granulometriche, usura dei coltelli al momento del campionamento e produttività media per ogni tipologia di materiale tra un campionamento e l'altro. Sotto l'asse delle ascisse viene riportato il codice del campione, la tipologia di materiale e la classificazione merceologica del cippato appartenente al campione.

T = Tondame; T v.urb. = T verde urbano (pino e cedro); B = Botoli; St = Stangame; D = piante intere derivanti da Diradamenti; R = Ramaglia; S = Sciaveri; Re = Refili; NR = Non Raggiunto.

L'obiettivo dell'analisi è quello di osservare il rapporto tra la tipologia di materiale lavorato, il momento di sostituzione dei coltelli, la produttività (calcolata come valore medio tra due campionamenti successivi) e la qualità del cippato.

Nel caso del campione 004; il materiale cippato proveniva da tondame di scarto con dimensioni medie superiori a 25 cm di diametro e cippato subito dopo la sostituzione dei coltelli. Il grafico in questo punto riporta un incremento della produttività e un discreto miglioramento delle caratteristiche della pezzatura del materiale. Le frazioni di sottomisure e sovrामisure si sono ridotte permettendo il raggiungimento della classe merceologica 8-16. Il materiale cippato appena prima del cambio dei coltelli (campione 003), pur essendo della medesima provenienza, non aveva superato gli standard di approvazione per rientrare in una classe di appartenenza merceologica (le frazioni intermedie devono coprire una percentuale di almeno l'80% sul totale del campione vagliato), a causa della percentuale troppo alta di sottomisure e sovrामisure, presumibilmente provocata da una scarsa affilatura dei coltelli che tendono a frantumare il materiale anziché

tagliarlo. Il contenuto idrico del materiale non sembra essere stato influente poiché i campioni 003 e 004 riportavano un valore simile.

Il secondo caso è quello riscontrato nel campione 008. In seguito al cambio dei coltelli il grafico riporta un incremento di produttività oraria dovuta alla maggiore efficacia tagliente delle lame. Il materiale proveniva dalla medesima catasta del campione precedente (007). La pezzatura del materiale in questo caso è rimasta pressoché invariata.

Il terzo caso interessante si è potuto riscontrare nel campione 012. Il materiale analizzato proveniva da tondame di scarto di abete rosso, mentre il campione raccolto precedentemente a questo derivava da tondame di ippocastano. Tra la raccolta dei due campioni si è verificato un cambio dei coltelli che ha determinato un notevole incremento della produttività oraria nella lavorazione del tondame di abete rosso. Oltre a questo è stata riscontrata una migliore pezzatura del materiale per il campione (012), che presentava un minor numero di sotto e sovramisure, oltre che un'appartenenza alla classe 16-45, qualitativamente migliore della 8-16 del campione 011. La differenza del contenuto idrico può essere spiegata dalla diversità di specie Tabella 5.1.

Il quarto caso d'interesse riguarda il campione 019. Nonostante la sostituzione dei coltelli la produttività oraria si è ridotta. Si ipotizza che questo fatto non sia dovuto alla non efficacia delle nuove lame, ma alla diversa tipologia di materiale lavorata prima e dopo il cambio coltelli. Il materiale cippato precedentemente infatti era costituito da sciaveri e refili (018), i quali secondo le osservazioni descritte in precedenza, tendono a dare una produttività maggiore rispetto ad altri materiali. In questo specifico caso l'incremento di produttività dovuto al tipo di materiale è stato più significativo dell'incremento produttivo fornito dai coltelli nuovi. A prova di questo si può osservare che il materiale lavorato prima degli sciaveri e refili (017), identico al materiale lavorato immediatamente dopo (019) poiché proveniente dallo stesso cantiere e dalla stessa catasta, risulta avere un valore di produttività inferiore rispetto al campione 019. Questo sarebbe spiegato dalla maggiore usura delle lame dei coltelli che hanno lavorato il campione 017. Gli sciaveri e i refili presentano una maggiore percentuale di sovramisure ma minore di sottomisure, rispetto ai carichi adiacenti. Il contenuto idrico risulta, come già precedentemente dimostrato, minore negli sciaveri e refili.

L'ultimo caso in esame è simile ai primi e da conferma ancora una volta del fatto che l'usura dei coltelli influisce sulla produttività e sulla qualità del cippato. Le osservazioni sono state fatte sui campioni 021 e 022. Il materiale di derivazione era composto da stangame, tondame e botoli di scarto. In seguito al cambio dei coltelli è stato registrato un incremento della produttività e una pezzatura migliore del materiale. Il campione 022 infatti ha presentato una minore percentuale di sottomisure e sovramisure rispetto al campione 021, lavorato con coltelli maggiormente usurati. Il contenuto idrico è leggermente variabile tra i campioni, ma non ha contribuito a modificarne la qualità o la produttività essendo presumibilmente un fatto occasionale.



## 6 DISCUSSIONE

### 6.1 STUDIO DEI METODI DI LAVORO

Dall'osservazione delle lavorazioni per un totale complessivo di 72,17 ore sono stati riscontrati risultati interessanti. I tempi morti, per esempio, sono stati stimati mediamente pari a circa il 23% sul totale, distribuiti per l'83% in tempi morti inevitabili, ovvero dovuti all'organizzazione del cantiere, che non dipendeva dall'operatore, e per la restante percentuale in tempi morti evitabili, ovvero causati dall'operatore o da un mal funzionamento della macchina. L'organizzazione dei cantieri, e soprattutto la parte riguardante il conferimento del materiale ad opera degli autocarri ha determinato, per alcuni dei cantieri rilevati, un incremento dei tempi morti. Si è osservato che, per cantieri relativamente vicini al punto di conferimento del cippato, è stato necessario optare per il trasporto con un unico autocarro. Questo ha provocato l'aumentare dei tempi morti della cippatrice dovuti all'attesa del ritorno dell'autocarro dal deposito. I tempi morti dovuti all'organizzazione si sono notevolmente ridotti nei cantieri nei quali è stato effettuato il trasporto di cippato con l'alternanza di due autocarri, oppure nel caso che un unico autoarticolato fosse necessario per il trasporto di tutto il materiale, come nei cantieri 4 (Cermis), 5 (Moena - S. Pellegrino) e 6 (Cadino). I tempi morti organizzativi si sono addirittura ridotti ad un'esigua percentuale nel caso del cantiere numero 8 presso la centrale E.N.E.C.O. di Predazzo, dove non è stato necessario attendere l'arrivo dell'autocarro in quanto il materiale veniva scaricato a terra.

Il tempo netto medio dei dieci cantieri è risultato essere pari a circa il 43% sul totale, diviso quasi sempre omogeneamente secondo il seguente rapporto: 91% di tempo netto effettivo e 9% di tempo netto accessorio. La percentuale di tempo netto lavorativo sul totale risulta pressoché costante nei cantieri eseguiti entro un raggio di trenta chilometri, tende a diminuire quando ci si sposta fuori valle, mentre ad aumentare nell'unico caso particolare del cantiere numero 8, dove è stato possibile cippare il materiale a terra. Un abbassamento dei tempi morti comporta un aumento dei tempi netti lavorativi, essendo i due tempi in un rapporto di complementarità.

Il tempo di trasferimento aumenta percentualmente con la distanza tra il cantiere e il punto di ricovero della macchina. Mediamente è stato valutato intorno al 26% sul totale, si alza al 42% lavorando oltre i 30 km mentre si abbassa mediamente al 19% lavorando entro il raggio di 30 km.

L'analisi dei tempi lavorativi porta ad una conclusione univoca: l'approvvigionamento di biomassa, se effettuato all'interno di un mercato locale, cioè entro un raggio di 30 km, risulta essere per due motivi molto più efficace rispetto a modelli di approvvigionamento basati su trasporti per maggiori distanze: primo fra tutti è l'abbattimento dei tempi di trasferimento che va ad incidere sul costo finale di approvvigionamento, in quanto l'operatore comunque deve essere retribuito, in secondo luogo perché la gestione della logistica dei trasporti si è dimostrata essere molto difficoltosa da organizzare sulle lunghe distanze. E' preferibile quindi far lavorare la macchina entro raggi d'azione limitati, onde ridurre gli inconvenienti e gli imprevisti legati alla logistica. Naturalmente, poiché le lavorazioni sono conto terzi, la convenienza dell'approvvigionamento dipende dai contenuti dei contratti stipulati con l'appaltatore, contratti che possono comunque creare condizioni di convenienza per la realizzazione delle operazioni di prelievo.

## 6.2 PRODUTTIVITÀ

La produttività media oraria nel tempo netto di lavoro in un cantiere dipende da numerosi fattori; fra tutti prevale quello dovuto alla tipologia di materiale.

Mediamente la produttività oraria calcolata sul tempo netto effettivo di lavoro corrisponde a circa il doppio di quella considerata sul tempo totale del cantiere esclusi i tempi di trasferimento (T-TT). La produttività netta effettiva è pari a  $81 \text{ m}^3_{\text{st}}/\text{h}$ , mentre quella sul tempo totale (escluso il tempo di trasferimento) è di  $42 \text{ m}^3_{\text{st}}/\text{h}$ .

I cantieri caratterizzati da materiale proveniente dal verde pubblico si sono dimostrati tra i meno produttivi, probabilmente per la scarsa qualità della biomassa e per la maggiore presenza di ramaglia. I cantieri caratterizzati puramente da tondame invece si sono verificati tra i maggiormente produttivi.

Il consumo di carburante medio per ora di lavoro nei dieci cantieri è stato stimato intorno ai 50 l/h; tale indicatore ha un limitato campo di variazione, con eccezione dei due cantieri di verde urbano, ovvero Trento (cantiere n. 3) e S. Martino di Lupari (n. 10). Questo a spiegazione del fatto che la cippatura di ramaglia in quantitativi elevati, proveniente da piante intere, sollecita meno il motore e conseguentemente si verifica una riduzione dei consumi unitari (da 50 a 35-37 l/h).

La distanza di trasferimento media per il raggiungimento del luogo di lavoro è stata di 42 km, ovvero circa un'ora di viaggio in una direzione di marcia, sulla stima di una velocità media di percorrenza di 45 km/h. La distanza media se il cantiere è situato in valle si riduce a 20 km, mentre se fuori valle arriva a 110 km. Queste realtà significativamente diverse tra loro influiscono molto sul parametro che determina il rapporto tra la distanza percorsa e il volume di materiale prodotto. Si stimano infatti  $0,21 \text{ km}/\text{m}^3_{\text{st}}$  per i cantieri situati entro un raggio di 30 km, mentre  $0,89 \text{ km}/\text{m}^3_{\text{st}}$  per i cantieri fuori dalla valle (mediamente distanti 110 km dal ricovero della macchina). Mediamente si può ipotizzare un valore pari a  $0,37 \text{ km}/\text{m}^3_{\text{st}}$  di cippato lavorato.

Da questi risultati può essere dimostrato che solitamente la durata dei cantieri è proporzionale al volume lavorato e al consumo medio di carburante, affermazione meno valida per i cantieri situati fuori della valle. La produttività del cantiere è direttamente proporzionale alla sua buona organizzazione e al tipo di materiale lavorato, mentre è inversamente proporzionale alla sua distanza.

### 6.2.1 *Classificazione del materiale*

Come dimostrato nel Grafico 3.17, lo stangame privo di ramaglia fornisce la produttività più alta in assoluto. Presumibilmente questo è dovuto al fatto che il materiale, una volta introdotto nel rullo di convogliamento della cippatrice, ha la possibilità di disporsi in modo da occupare il maggiore spazio disponibile della bocca di alimentazione (100x55 cm). In questo modo il rotore lavora su un'ampia sezione, asportando una maggiore quantità di materiale, costituita da legno senza rami. Il tondame invece può essere introdotto fino alle dimensioni di 55 cm di diametro, quindi il rotore può asportare materiale per una sezione massima pari a 55x55 cm. Inoltre c'è anche da considerare il fatto che la macchina lavora male in condizioni vicine al limite. In ogni caso il tondame fornisce comunque buone produttività, calcolate intorno ai  $100 \text{ m}^3_{\text{st}}/\text{h}$  se di dimensioni ideali (30-45 cm), scende a  $70-90 \text{ m}^3_{\text{st}}/\text{h}$  se il materiale presenta dimensioni troppo elevate (maggiori di 45 cm), se particolarmente sporco o se l'operatore è costretto a dover spostare e rigirare la parte basale dei

toppi troppo grossi per permetterne il convogliamento al rotore. Gli sciaveri e i refili forniscono un'alta produttività (intorno ai  $90 \text{ m}^3_{\text{st}}/\text{h}$ ), poiché consentono un ciclo continuo e costante di cippatura. Per questo motivo sciaveri e i refili sono il materiale che genera i consumi di carburante più elevati a parità di tempo e volumi lavorati, essendo il motore continuamente sotto sforzo. La ramaglia offre la produttività oraria più bassa, pari a circa  $60 \text{ m}^3_{\text{st}}/\text{h}$  (Grafico 3.17).

Con un raggruppamento delle classi di materiale a un secondo livello (Grafico 3.18) è stato possibile generalizzare le caratteristiche di produttività riferite non alla singola tipologia di materiale ma al tipo di materiale prevalentemente lavorato, al fine di trarre delle considerazioni più generalizzabili. Nel caso di una prevalenza di tondame si è riscontrata una produttività di  $87 \text{ m}^3_{\text{st}}/\text{h}$ , molto vicina a quella che si ottiene con una prevalenza di stangame ( $83 \text{ m}^3_{\text{st}}/\text{h}$ ). La prevalenza di ramaglia comporta come nei casi riportati in precedenza un abbassamento della produttività fino ad arrivare a una media di  $64 \text{ m}^3_{\text{st}}/\text{h}$ . Gli sciaveri e i refili sono il materiale che mediamente offrono una produttività più alta, pari a  $91 \text{ m}^3_{\text{st}}/\text{h}$ , in coerenza con quanto come descritto precedentemente.

### 6.2.2 *Usura delle lame*

La produttività oraria, oltre che dal tipo di materiale, è influenzata anche dall'usura dei coltelli. Nel caso del tondame lavorato con coltelli nuovi e quello lavorato con coltelli che hanno lavorato  $300 \text{ m}^3_{\text{st}}$ , c'è una perdita di produttività del 38%; si passa infatti da  $130$  a  $80 \text{ m}^3_{\text{st}}/\text{h}$  circa. Nel caso delle piante intere provenienti dal diradamento invece si ha una perdita di produttività maggiore del 30% dopo poco più di  $350 \text{ m}^3_{\text{st}}$  lavorati, passando da  $100$  a  $70 \text{ m}^3_{\text{st}}/\text{h}$  circa. I coltelli da una certa fase di lavorazione in avanti diventano meno efficienti nel tagliare il materiale, specie se questo è sporco o presenta al suo interno sassi o oggetti metallici che vanno a compromettere l'affilatura delle lame. L'usura dei coltelli quindi provoca una minore produttività oraria. Tuttavia non è possibile determinare a priori il momento esatto in cui i coltelli andrebbero cambiati al fine di rendere economicamente più conveniente la cippatura in relazione alla produttività. Le variabili che incidono sull'andamento del lavoro possono essere numerose. L'esperienza dell'operatore può indirizzare ad interpretare nel miglior modo il momento in cui risulta più conveniente effettuare il cambio dei coltelli. La scelta si baserà sulla stima della capacità tagliente residua degli stessi e sul momento più appropriato per sostituirli in base al tipo di organizzazione e logistica del cantiere. Inoltre, nella pianificazione delle utilizzazioni boschive dalle quali deriva il materiale da cippare, soprattutto in fase di accatastamento dello stesso, va tenuto conto che questo deve giungere alla cippatrice il più pulito (privo di sassi e terra) possibile, in modo da non deteriorare velocemente l'affilatura dei coltelli compromettendo la produttività della macchina e un incremento nel numero dei cambi coltelli.

## 6.3 CONVENIENZA DELL'APPROVVIGIONAMENTO DI CIPPATO

Dai risultati emersi è possibile arrivare alla definizione di alcune principali linee guida per la determinazione della convenienza dell'approvvigionamento di cippato.

L'obiettivo dell'analisi della convenienza alla lavorazione di biomassa è stato quello di cercare di dare un peso ai fattori che più influenzano la remunerabilità della filiera.

Uno dei fattori che maggiormente determina la variazione dell'incremento dei ricavi è la tipologia del materiale di partenza. A seconda di questo infatti cambiano sostanzialmente la

produttività media oraria, i costi d'impiego della macchina e quindi i ricavi, oltre che la qualità del cippato. Più si riesce a far lavorare in maniera ottimale e continuativa la macchina, e maggiori saranno i ricavi netti offerti dall'insieme delle operazioni di approvvigionamento. Alti livelli di remunerazione si ottengono soprattutto con materiale di medie-grandi dimensioni, come tronchi e tondame in genere (35–40 cm di diametro), e con sciaveri e refili, i quali inoltre, hanno tendenzialmente un basso tenore idrico e il cippato risultante può essere maggiormente valutato dall'impianto che lo può utilizzare. Le piante intere provenienti da diradamenti offrono una produttività e una convenienza economica media, in ogni caso vantaggiosa, a patto che la reperibilità del materiale grezzo sia stata adeguatamente pianificata. Il fattore più significativo in questo caso potrebbe diventare il prezzo di acquisto del cippato, che dovrebbe essere proporzionale al contenuto idrico dello stesso, visto che per questo tipo di materiale la pezzatura tende ad avere sempre buone caratteristiche. Lavorare ramaglia offre i minori ricavi e bassi livelli di qualità; in questo caso il servizio di cippatura deve essere sostenuto da un alto prezzo d'acquisto del cippato, oppure, come più spesso accade, la ramaglia deve essere lavorata assieme ad altro materiale maggiormente remunerativo.

La distanza del cantiere dal luogo di ricovero della macchina influisce sul costo del servizio di cippatura, anche se non con lo stesso peso del tipo di materiale. Dalle analisi effettuate risulta sempre più conveniente lavorare materiale di provenienza locale (Tabella 4.8), anche perché quasi sempre si è dimostrato essere oltre che di più facile reperibilità, anche di maggiore qualità. Con le condizioni medie di lavoro della macchina testata risulta conveniente conferire il cippato entro un raggio inferiore a 25 km, qualora il conferimento dello stesso sia a carico dell'azienda e venga acquistato per un prezzo di 40 €/t (Grafico 4.2).

L'organizzazione della logistica è l'elemento più determinante per la resa in termini produttivi ed economici del cantiere. E' stato dimostrato che con un prezzo di mercato del cippato di 40€/t, l'incremento di produttività e di remunerabilità si alzerebbe di circa il 50% in condizioni di livello ottimale di organizzazione del cantiere. Tuttavia il raggiungimento di questa soglia è del tutto teorico, in quanto gli imprevisti e le variabili che possono far mutare le condizioni di queste tipologie di cantieri sono svariate. L'organizzazione dei trasporti *in primis* è l'aspetto maggiormente difficile da gestire, e quello che fa crescere in termini più significativi i tempi non produttivi del cantiere. E' complesso gestire i trasporti perché le variabili condizioni di traffico e percorrenza della viabilità pubblica non consentono una stima utile dei tempi di spostamento dei mezzi e quindi degli orari di arrivo in cantiere (tanto più quanto le distanze di trasporto si allungano). Oltre a questo risulta difficile determinare a priori quale sarà la produttività della macchina in un determinato contesto, quindi calcolare il tempo necessario per il riempimento di un carico in modo da non intralciare l'alternanza di due o più autocarri nella fase di trasporto. Concentrando quindi maggiormente gli sforzi organizzativi, oltre che gli investimenti in questa fase della filiera, si potrebbe arrivare a un incremento sostanziale dei ricavi.

In ogni caso ciò che si è potuto riscontrare è che un alto prezzo di mercato tende ad omogeneizzare le diverse situazioni provocate dalle variabili sopra descritte; con un prezzo più basso invece ognuna di queste diventa significativa nella determinazione del ricavo unitario finale.

## **6.4 QUALITÀ DEL CIPPATO**

### **6.4.1 *Contenuto idrico***

Il contenuto idrico del cippato è il fattore che più di tutti va ad incidere sul suo prezzo di acquisto. Dai risultati riscontrati è emerso che gli sciaveri e i refili forniscono un cippato con un contenuto idrico medio del 22,5%, il più basso riscontrato nelle analisi. Questo è prevalentemente dovuto alla stagionatura subita dal materiale. Il tondame e la ramaglia mediamente danno un cippato con un contenuto idrico del 40%

Tabella 5.2). Il tondame presenta un umidità variabile a seconda del tipo di cantiere, della specie legnosa lavorata e del periodo di stagionatura subito dal materiale (Tabella 5.1). La ramaglia invece, poiché quasi sempre è stata lavorata ancora verde, non ha avuto modo di essiccare prima di essere cippata, per questo mantiene un tenore idrico abbastanza alto. Lo stangame ha dato un buon risultato con un contenuto idrico medio del 38,4%, soprattutto valutato il fatto che spesso questo materiale è stato cippato assieme a tondame e botoli poco stagionati. A prova del fatto della buona rispondenza del materiale con diametro inferiore ai 20 cm ci sono i dati relativi al materiale proveniente da diradamento e lasciato in piazzale per un anno; in questi si è riscontrato un contenuto idrico medio del 26%.

Il tenore idrico del cippato si può quindi considerare vincolato al grado di stagionatura del materiale lavorato. Per assicurare un alto prezzo di acquisto del cippato è quindi conveniente lasciare essiccare, se possibile, il materiale grezzo in piazzale prima della lavorazione, per almeno una stagione.

### **6.4.2 *Pezzatura***

La pezzatura del cippato condiziona la tipologia di impianto in grado di bruciarlo e il modo in cui può essere immagazzinato. In particolare, la presenza di particelle sovramisura può pregiudicare l'utilizzo nelle centrali di piccole e medie dimensioni, che sono quelle che in genere pagano meglio il prodotto.

I risultati del Grafico 5.2 dimostrano che lavorare materiale sramato (tondame o stangame) offre rese qualitative in termini di pezzatura migliori degli altri materiali. Tuttavia questi casi sono abbastanza particolari, normalmente infatti viene lavorato materiale eterogeneo, con presenza di ramaglia e sporcizia, specie se si utilizzano piante intere, peggio ancora se esboscate a strascico. Sia la ramaglia, che la sporcizia del materiale sono fattori che oltre a determinare un abbassamento della produttività, peggiorano la qualità del cippato facendo crescere la frazione di sottomisure (inferiore ai 3mm). Oltre a questo il materiale sporco usura molto più velocemente i coltelli che, perdendo l'affilatura, tendono a frantumare il materiale piuttosto che a tagliarlo, producendo una maggior quantità di polvere e di particelle sovramisura. Allo stesso tempo il legno avanzerà più lentamente entro la cippatrice, con il risultato di una pezzatura generalmente più piccola e un consumo unitario di carburante più elevato. L'usura delle lame tuttavia, come già spiegato, è difficile da prevedere poiché è legata anche a fattori casuali, come la presenza di sassi nel carico.

Gli sciaveri e i refili tendono a dare una percentuale di sovramisure maggiore rispetto agli altri materiali, probabilmente per la forma stessa del materiale e per il suo grado di stagionatura, che facilitano il passaggio della griglia di calibrazione anche senza essere adeguatamente sminuzzati.

## 7 CONCLUSIONI

Lo sviluppo di una filiera foresta-legno-energia basta sulla valorizzazione delle risorse nazionali richiede notevoli capacità tecniche ed imprenditoriali, senza le quali sarà impossibile essere competitivi rispetto ad altre fonti energetiche e nei confronti delle stesse biomasse di origine estera. In particolare, occorre progettare cantieri razionali, capaci di conseguire contemporaneamente gli obiettivi colturali ed economici previsti per ciascun tipo di intervento.

La cippatura del materiale legnoso necessita di una complessa organizzazione del cantiere, in relazione alla sua organizzazione, al tipo di materiale da lavorare, alla viabilità e alla disponibilità di imposti adeguati. Il notevole impegno economico per dotarsi delle attrezzature necessarie per eseguire questo tipo di produzione deve comunque trovare riscontro, anche quando sia possibile disporre di contributi pubblici, in un'elevata capacità organizzativa e in economie di scala nella gestione delle operazioni di prima lavorazione boschiva (Fabiano e Piegai, 2007).

La pianificazione delle operazioni di approvvigionamento deve prevedere quali possono essere le variabili chiave di ogni tipologia di cantiere al fine di ottimizzare la resa produttiva ed economica degli stessi. Questo deve consentire la determinazione di come queste variabili possono modificare le rese e la remuneratività degli interventi.

Alla luce dell'analisi condotta nei dieci cantieri di lavorazione, le variabili-chiave e quindi le strategie d'intervento più efficaci sono risultate le seguenti:

- la lavorazione di materiale che offra un cippato di qualità, sia per contenuto idrico che per pezzatura. La qualità del cippato ne determina il prezzo di vendita e la destinazione. I piccoli impianti ricevono cippato con un contenuto idrico inferiore al 40% e una pezzatura regolare medio-piccola (classe merceologica 16-45), pagandolo di più rispetto alle centrali che ne fanno un uso industriale. Il materiale che meglio si presta a queste caratteristiche è prodotto da tronchi sramati e da stangame che abbiano subito un'adeguata essiccazione prima della cippatura. In questo contesto quindi il materiale proveniente da diradamenti, normalmente legno di conifera destinato ad imballaggio o alla triturazione, può trovare una collocazione sul mercato altrimenti difficoltosa (Fabiano e Piegai, 2007), aumentando la sostenibilità di interventi spesso a macchiatico negativo. La lavorazione di scarti di segheria è più adatta per il conferimento di cippato a grossi impianti di teleriscaldamento;
- la pianificazione del cantiere allo scopo di massimizzare la produttività e minimizzare i tempi morti dovuti all'organizzazione. Questo obiettivo si ottiene lavorando materiale che offra una resa elevata (sciaveri, tondame e stangame) e ottimizzando il ciclo produttivo della macchina riducendone i tempi morti;
- la pianificazione della logistica dei trasporti del materiale in base alla viabilità, alla distanza di conferimento dal cantiere, al tipo di imposto e alla produttività del cantiere;
- la scelta di reperire per quanto possibile il materiale entro brevi distanze in modo da favorire la filiera locale e sostenere minori costi per il trasferimento della macchina ed eventualmente del cippato. Ai fini di un contenimento razionale dei costi, si stima che la

distanza massima di approvvigionamento non debba superare i 30 chilometri (Mezzalira *et al.*, 2003);

- mantenimento di una quota oraria annua lavorativa alta in modo da ridurre i costi d'impiego della cippatrice ed incrementare i ricavi;
- scelta di un operatore specializzato che possa ottimizzare le potenzialità della macchina e che sia in grado di valutare il momento più opportuno per effettuare la sostituzione dei coltelli durante il processo lavorativo cercando il giusto compromesso tra resa produttiva e rallentamento del ciclo di trasporto del materiale;
- realizzazione di un continuo e attento monitoraggio delle fasi di approvvigionamento con la collaborazione dell'operatore specializzato che ad ogni fine giornata dovrà compilare una scheda di cantiere che sintetizzare in modo pratico ed efficace l'andamento del cantiere (vd. allegato n1).

In sintesi, una possibile strategia di sviluppo dovrebbe sicuramente essere rivolta a una migliore pianificazione delle fasi di approvvigionamento della filiera. La realtà attuale è caratterizzata da un frequente sottoutilizzo delle cippatrici, imposto probabilmente dalla domanda di mercato. Una soluzione potrebbe essere quella di incentivare la crescita dell'utilizzo di biomassa ad uso energetico da parte degli enti locali e dei privati. Questo diventerebbe attuabile con la creazione di una piattaforma di trasformazione localizzata in un punto strategico, in grado di fungere da punto di riferimento per l'approvvigionamento di cippato. Una piattaforma produttiva del legno-energia deve essere dotata di un grande piazzale per la lavorazione e lo stoccaggio della biomassa. Così facendo il materiale attualmente dislocato in modo puntiforme nei vari piazzali di deposito può essere localizzato in un unico centro di raccolta ed essere cippato previo un periodo di essiccazione adeguato. Avendo la possibilità di reperire facilmente il materiale, il servizio di cippatura può quindi estendersi a tutti i mesi dell'anno, diventando più remunerativo nel periodo invernale quando il prezzo del cippato tende a salire con la domanda. Questo comporterebbe un aumento della domanda da parte degli acquirenti, che sarebbero incentivati all'acquisto di cippato avvalendosi di una fornitura di qualità e continua nell'arco dell'anno. La macchina incrementerebbe la quota oraria annua lavorativa abbassando i costi di produzione e il materiale potrebbe essere suddiviso a seconda della tipologia e della qualità, per essere indirizzato ai diversi centri di raccolta. Per acquisire maggiore forza e radicamento nel territorio infatti è necessario cercare di differenziare il più possibile le strategie di lavorazione e vendita delle diverse tipologie di materiale. L'opportunità di costituire una piattaforma di trasformazione, produzione e commercializzazione della biomassa legnosa va pertanto inserita in una logica di potenziamento e razionalizzazione su scala locale delle attività di utilizzo delle risorse del territorio. Questa strategia si inquadra nell'ottica di attribuire un ruolo multifunzionale agli impianti legnosi produttivi e di dar via a un utilizzo moderno e sostenibile delle risorse forestali (Mezzalira e Spinelli, 2001).



## BIBLIOGRAFIA

- Bernetti I. e Romano S., 2007. Economia delle risorse forestali. Napoli: Liguori Editore s.r.l. 858 pp. (2 Volumi).
- Berti S., Piegai F. e Verani S., 1989. Manuale d'istruzione per il rilievo dei tempi di lavoro e delle produttività nei cantieri forestali. Quaderni dell'istituto di assestamento e tecnologia forestale fascicolo 4:1-45.
- Cavalli R. 2008. Linee evolutive nel settore delle utilizzazioni forestali e dell'approvvigionamento del legname. L'Italia Forestale e Montana 64(4): 297-306
- Cavalli R., Emer B., Grigolato S. e Zuccoli Bergomi L., 2007a. Wood chipping service: an analysis approach in northeastern Italy. In Austro2007/FORMEC'07: Meeting the Needs of Tomorrow's Forests – New Developments in Forest Engineering, Vienna and Heiligenkreuz – Austria, 7 – 11 October.
- Cavalli R., Emer B., Grigolato S., 2007b. Wood biomass boilers and heating plants in North-eastern Italy: which strategy to boost a sustainable local supply chain? In 15th European Biomass Conference and Exhibition from Research to Market Deployment. Berlino. 7-11 maggio 2007. Firenze: Eta-Florence
- Ciccarese L., Spezzati E. e Pettenella D., 2003. Le biomasse legnose. Un'indagine sulle potenzialità del settore forestale italiano nell'offerta di fonti di energia. Rapporti 30/2003. APAT – Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici.
- Fabiano F. e Piegai F., 2007. Diradamenti in impianti artificiali di conifere. Produttività e costi per produzione del cippato. Sherwood 13 (8): 23-29.
- Fedel D., 2008. Predisposizione di un piano di approvvigionamento di cippato forestale in ambiente alpino. Relatore Cavalli R. Correlatore Grigolato S. Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Facoltà di Agraria, Università degli Studi di Padova, Legnaro.
- Francescato V., 2002. Bosco-Legno-Energia. Il bosco giacimento di energia termica. L'emporio di Sherwood, Speciale Bosco e Territorio, Supplemento di Sherwood 8 (7): 5-9.
- Francescato V. e Antonini E., 2004. Legno-Energia, quando l'agricoltura è protagonista. Alberi e Territorio 1(3): 38-44.
- GAL, 2007. Linee guida per lo sviluppo di un modello di utilizzo del cippato forestale a fini energetici – Foresta Legno Energia - Sviluppo della filiera foresta-legno-energia attraverso il rafforzamento dell'associazionismo forestale.
- Grigolato S., 2007. Pianificazione degli approvvigionamenti in ambiente alpino. Atti del 43° corso di cultura in ecologia: biomasse forestali ad uso energetico in ambiente alpino: potenzialità e limiti. Centro studi per l'ambiente alpino, San Vito di Cadore. 4-7 giugno 2007. Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Università degli Studi di Padova. [www.tesaf.unipd.it/Sanvito](http://www.tesaf.unipd.it/Sanvito)
- Gronalt M. e Rauch P., 2007. Designing a regional forest fuel supply network. Biomass and Bioenergy 31 (6): 393-402.
- Hartmann H., Bohm T. e Bock M., 2001. Measuring size distribution and bulk density of wood chips – Munich University of Technology, Center of Agricultural Engineering, Germany – Grey.

- Hippoliti G., 1997. Appunti di meccanizzazione forestale. Firenze: Studio Editoriale Fiorentino. 318 pp.
- Hippoliti G. e Piegai F., 2000. La raccolta del legno. Tecniche e sistemi di lavoro. Arezzo: Compagnia delle Foreste. 157 pp.
- International Labour Office, 1967. Introduction to work study. Milano: Franco Angeli Editore.
- ITABIA, 2002. Contributo delle biomasse alla tutela del territorio. Roma: Maggio 2002.
- Merlo M., 1991. Elementi di economia ed estimo forestale-ambientale. Padova: Patron Editore.
- Mezzalana G. e Spinelli R., 2001. La produzione di legno energia nell'arboricoltura da legno lineare. Supplemento de L'informatore Agrario. 57 (34): 18-22.
- Mezzalana G., Brocchi Colonna M. e Veronese M., 2003. Come produrre energia dal legno. Quaderno ARSIA 3/2003. Firenze: ARSIA – Agenzia Regionale per lo Sviluppo e l'Innovazione del settore Agricolo-forestale.
- Nati C., Spinelli R. e Fabbri P., 2008. Classificazione merceologica del cippato. Effetti dell'usura delle lame. Sherwood. 14 (9): 31-35.
- UNI, 2005. Norma UNI CEN/TS 14961: 2005. Biocombustibili solidi – Specifiche e classificazione del combustibile.
- UNI, 2006. Norma UNI CEN/TS 15149-1: 2006. Biocombustibili solidi – Metodi per la determinazione della distribuzione delle dimensioni delle particelle – Parte 1: Metodo dello schermo oscillante utilizzando aperture del setaccio di 3,15 mm in su.
- Norma UNI CEN/TS 14774-1:2005. Biocombustibili solidi – Metodi per determinare l'umidità – Metodo di essiccazione in stufa – Parte 1, 2, 3.
- Panattoni A. e Campus F., 1983. Economia dell'azienda agraria, UTET.
- Piegai F., 2000. I consumi di combustibili nei lavori forestali. Sherwood. 6 (62): 31-32.
- Piegai F., Frattini R. e Pettenella D., 2008. Costi macchina. Confronto fra diversi metodi di calcolo. Aula Magna 8 – Supplemento scientifico degli approfondimenti di Sherwood. Consultato on line da [www.compagniadelleforeste.it](http://www.compagniadelleforeste.it)
- Pollini C., 1983. Analisi e controllo della produttività e dei costi nelle operazioni di utilizzazione forestali. Istituto per la tecnologia del legno. San Michele all'Adige. Quaderni I.T.L N. 4:1-38.
- Spinelli R., 2000. Meccanizzazione forestale intermedia. Calderini – Edagricole.
- Spinelli R. e Pettenella D., 2001. Strategie comparate per la produzione di cippato. Monti e Boschi 52 (1): 32-37.
- Spinelli R., Hartsough B. e Magagnotti N., 2004. Qualità del cippato. Confronto tra nove cippatrici mobili in commercio in Italia. Sherwood 10 (4): 13-18.
- Spinelli R., Magagnotti N. e Hartsough B., 2006. Raccolta integrata di tondame e biomasse nel taglio a gruppi di fustaie alpine – L'Italia Forestale e Montana 62 (4): 245-253.
- Spinelli R., Nati C. e Magagnotti N., 2007. Recovering logging residues: experience from the Italian Eastern Alps. Croatia Journal of Forest Engineer 28 (1): 1-9.
- Zuccoli Bergomi L., 2008. Produzione di Cippato. Esperienze in ambito pedemontano e alpino. Tecnico & Pratico supplemento di Sherwood 14 (9): 6-7.

## ALLEGATI



**M a g n i f i c a C o m u n i t à d i F i e m m e**

U F F I C I O T E C N I C O F O R E S T A L E

38033 CAVALESE (TN) - P.zza C. Battisti, 2 - Tel. 0462 340365 - Fax 0462 239441 - C.F. e P. IVA 00124020223  
 Internet: <http://www.magnificacomunitafigiomm.com.it> - E-mail: [uffici@magnificacomunitafigiomm.com.it](mailto:uffici@magnificacomunitafigiomm.com.it)

**Cippatura - scheda tecnica di cantiere**

Località cantiere: ..... Data inizio cantiere: ...../...../.....

**Materiale da cippare:**  piante intere  sciaveri e/o refili  
 ramaglia  tondame scarto (> 25 cm )

**Specie prevalente:**  
 conifere  latifoglie  misto

**Stato materiale:**  
 secco  fresco

		1° giorno	2° giorno	3° giorno	4° giorno	5° giorno	6° giorno
<b>Andata</b>	Località Partenza						
	Ora partenza						
	Km (su contachilometri)						
<b>Ore contatore cippatrice inizio giornata</b>							
<b>Ora inizio lavoro</b>							
<b>Pausa pranzo (ore)</b>							
<b>Ora fine lavoro</b>							
<b>Ore contatore cippatrice fine giornata</b>							
<b>Ritorno o trasferimento</b>	Km (su contachilometri)						
	Ora arrivo						
	Località arrivo						
<b>Tempo totale manutenzioni</b>							
<b>Tempo totale pause non programmate (rotture, imprevisti)</b>							

DESTINAZIONE CARICO CIPPATO : .....

GIORNO	1°	2°	3°	4°	5°	6°
QUANTITA' tot. m <sup>3</sup> <sub>st</sub>						
N°Cambio COLTELLI						

RIFORMIMENTI FINE GIORNATA

Litri

	giorni:	1°	2°	3°	4°	5°	6
<b><u>MANUTENZIONE GIORNALIERA:</u></b>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b><u>MANUTENZIONE SETTIMANALE:</u></b>		<input type="checkbox"/>					
Data manut. settimanale: ..../...../.....		Data precedente manut. settimanale: ..../...../.....					

Data fine cantiere: ..../...../.....

Firma operatore:.....



Allegato 3. Esempio di scheda utilizzata per la determinazione della classificazione merceologica del cippato.

**ANALISI DIMENSIONALE DI CIPPATO LEGNOSO**

*Determinazione della pezzatura tramite vagliatura*

**Norma CEN/TS 15149-1: 2006**

**Norma CEN/TS 14961: 2005**

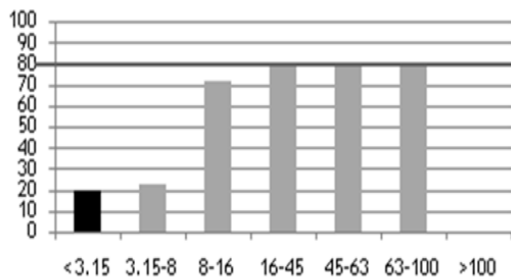
*Determinazione del contenuto idrico tramite essiccazione in stufa*

**Norma CEN/TS 14774-1:2005**

Data vagliatura	07/08/2008
-----------------	------------

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE Campione 001 - Ramaglia di latifolia	
Luogo e data del prelievo	Val deserta - Predazzo 24/07/2008
Macchina/Cippatrice utilizzata	Jenz HEM 560 D
Specie legnosa/e	Ontano
Modalità di raccolta campione	Manualmente in sacchetti ermetici di nylon.
Tara	7,24
Massa lorda del campione	2271,3
Massa del campione analizzata (g)	2264,06

VAGLIATURA			
Nome del setaccio	Frazione	Massa della frazione	
	mm	g	% % cumulata
Frazione < 3.15 mm	< 3.15	435,9	19,4
1° setaccio (3.5 mm)	3.15-8	512,6	22,8
2° setaccio (8 mm)	8-16	1095,5	48,8
3° setaccio (16 mm)	16-45	196,2	8,7
4° setaccio (45 mm)	45-63	0	0,0
5° setaccio (63 mm)	63-100	0	0,0
6° setaccio (100 mm)	>100	4,8	0,2
Massa totale	Tutte	2245,0	100,0
Altri dati	Valori	Unità	
Numero di sovra lunghezze (>100 mm)	4	n°	
Lunghezza della particella più lunga (se richiesto)	22	mm	
Contenuto idrico del campione (w)	49,8	%	
Densità sterica del campione	264,38	kg/m <sup>3</sup> <sub>stero</sub>	
CLASSE DI APPARTENENZA DEL CIPPATO	16-45		



## **CONTATTI**

Massimo NEGRIN  
Via Stazione 3/b  
31040 Giavera del Montello (TV)

Cell. 347 9150322  
E-mail: [massimonegrin@gmail.com](mailto:massimonegrin@gmail.com)