

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA TUSCIA DI VITERBO

**DIPARTIMENTO DI DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE PER L'AGRICOLTURA, LE FORESTE
LA NATURA E L'ENERGIA**

Corso di Dottorato di Ricerca in

Scienze e tecnologie per la gestione forestale e ambientale - XXV Ciclo.

**Trasferimento di innovazioni nella filiera corta per la produzione, raccolta ed uso di legna
da boschi convenzionali, a fini energetici.**

s.s.d. AGR/06

Tesi di dottorato di:

Dott. Raffaello Spina

Coordinatore del corso

Prof. Rosanna Bellarosa

Firma



Tutore

Prof. Sanzio Baldini

Firma



27 Maggio 2013

Ringraziamenti

Indice

1.	Introduzione.....	5
1.1.	La filiera corta legno energia.....	7
2.	Caratterizzazione della stazione.....	9
2.1.	La Foresta Demaniale Regionale “Cuponi”.....	9
2.2.	Vincoli esistenti.....	9
2.3.	Inquadramento territoriale delle aree dimostrative dell’intervento.....	10
2.4.	Rilievo topografico e dendrometrico.....	11
2.4.1.	Area dimostrativa n°1.....	12
2.4.2.	Area dimostrativa n°2.....	14
3.	Materiali.....	19
3.1.	Descrizione delle macchine degli utensili e dell’abbigliamento di sicurezza.....	19
3.1.1.	Motosega Husqvarna 346 XP.....	19
3.1.2.	Trattore forestale Ranger.....	21
3.1.3.	Trattore agricolo Landini Vision 105.....	23
3.1.4.	Gru a cavo super leggera modello Savall.....	24
3.1.5.	Teleferica mobile Valentini V400.....	24
3.1.6.	Cippatrice Green Produzione CIP1500.....	24
3.2.	Strumenti Impiegati Nella Ricerca.....	25
3.2.1.	Cavalletto Dendrometrico.....	25
3.2.2.	Rotella Metrica.....	25
3.2.3.	Bussola Topografica Verticale.....	26
3.2.4.	Tabella Cronometrica.....	27
3.2.5.	Personal Computer.....	27
4.	Metodi di analisi.....	28
4.1.	Analisi dendrometrica.....	28
4.2.	Rilievo dei tempi di lavoro.....	29
4.3.	Produttività di lavoro.....	30
4.4.	Analisi della richiesta lorda di energia (GER).....	31
4.5.	Costi di utilizzazione.....	32
4.5.1.	Costi macchina.....	33
4.5.2.	Costo della manodopera.....	33
4.5.3.	Costi per la sicurezza.....	33
4.6.	Analisi statistica.....	35
4.6.1.	Test t di Student.....	35
4.6.2.	Anova per Ranghi di Kruskal-Wallis.....	35
4.6.3.	Analisi della Varianza (ANOVA) ed Assunti.....	35
5.	Risultati.....	37
5.1.	Area sperimentale n°1 – replica A.....	37
5.1.1.	Analisi dei tempi di lavoro.....	37

5.1.2.	Produttività di lavoro.....	42
5.1.3.	Analisi energetica	43
5.1.4.	Analisi dei costi di utilizzazione.....	46
5.2.	Area sperimentale n°1 – replica B.....	50
5.2.1.	Analisi dei tempi di lavoro	51
5.2.2.	Produttività di lavoro.....	59
5.2.3.	Analisi energetica	61
5.2.4.	Analisi dei costi di utilizzazione.....	64
5.3.	Area sperimentale n°2 – replica A.....	72
5.3.1.	Analisi dei tempi di lavoro	73
5.3.2.	Produttività di lavoro.....	81
5.3.3.	Analisi energetica	83
5.3.4.	Analisi dei costi di utilizzazione.....	87
5.4.	Area sperimentale n°2 – replica B.....	96
5.4.1.	Analisi dei tempi di lavoro	97
5.4.2.	Produttività di lavoro.....	105
5.4.3.	Analisi energetica	107
5.4.4.	Analisi dei costi di utilizzazione.....	110
5.5.	Area sperimentale n°2 – replica C.....	119
5.5.1.	Analisi dei tempi di lavoro	120
5.5.2.	Produttività di lavoro.....	128
5.5.3.	Analisi energetica	130
5.5.4.	Analisi dei costi di utilizzazione.....	134
6.	Discussione.....	143
6.1.	Area sperimentale n°1	143
6.1.1.	Produttività	143
6.1.2.	Analisi energetica	143
6.1.3.	Analisi dei costi di utilizzazione.....	144
6.2.	Area sperimentale n°2	144
6.2.1.	Produttività.....	145
6.2.2.	Analisi energetica	145
6.2.3.	Analisi dei costi di utilizzazione.....	146
7.	Conclusioni.....	147
	Bibliografia.....	149

1. Introduzione

Il legno è ancora la fonte energetica prevalente in molti paesi in via di sviluppo (Matthews 2001). Fino ad ora il 15% della richiesta mondiale di energia è stata fornita dalla biomassa. Circa il 13% di questa biomassa per scopi energetici è utilizzata nei paesi in via di sviluppo mentre il restante 2% è utilizzata in paesi sviluppati (Baldini et al 2007, Johansson and Lundqvist 1999). Tra i differenti metodi di generazione di energia sostenibile in questi ultimi paesi, la biomassa ha ricevuto un crescente interesse (Matthews 2001). Tra la biomassa che può essere utilizzata per scopi energetici, il legno mostra il più grande potenziale sia da un punto di vista produttivo che di sostenibilità ambientale (Yoshioka et al. 2006). Tuttavia l'utilizzo della biomassa proveniente da boschi convenzionali deve essere supportata da una valutazione energetica e deve essere compatibile con una gestione sostenibile delle foreste, anche in termini di un'attenta pianificazione ed organizzazione degli interventi selvicolturali e delle operazioni di taglio (Baldini et al. 2007). In Italia c'è una mancanza di informazioni sul bilancio energetico delle operazioni di raccolta della biomassa forestale e sulla sua distribuzione.

Storicamente i boschi cedui rappresentano una risorsa importante di legna da ardere, suggerendo che un ceduo a basso impatto potrebbe essere un efficiente e sostenibile sistema di produzione di biomassa. In accordo con i dati forniti dall'Inventario Forestale Nazionale (INFC 2005), in Italia ci sono 3.663.143 ettari governati a ceduo (il 41,8% della superficie coperta da boschi in Italia) molti dei quali inclusi nella categoria cedui semplici (28% della superficie forestale Italiana).

Dopo il 1950 la gestione dei boschi cedui in Italia è stata profondamente influenzata da cambiamenti economici e sociali, i quali hanno innescato il fenomeno del progressivo abbandono dei boschi cedui (Bürgi, 1999; Bičik et al., 2001; Coppini and Hermanin, 2007). La sospensione dei tagli ha portato alla formazione dei cosiddetti «cedui invecchiati» e ha portato a gestioni alternative dei cedui rispetto a quelle tradizionali, come la loro conversione a fustaie (Amorini et al. 1996). La conversione verso il governo a fustaia è stata ottenuta attraverso ripetuti diradamenti nei cedui invecchiati al fine di costruire una fustaia transitoria. Oggi cedui adulti o invecchiati rappresentano l'89% dell'intera superficie italiana governata a ceduo e le fustaie transitorie occupano circa 150.000 ettari (INFC 2005).

Con la crescente necessità di materia prima legno, quindi la commercializzazione del legno ha una profonda influenza sulla scelta dei sistemi di raccolta. I sistemi di raccolta possono essere distinti in base ai sistemi selvicolturali che si incontrano e ai prodotti finali che si

pensano di poter ritrarre dal bosco. L'utilizzazione tecnico-economica della biomassa forestale per la produzione di energia dipende da diversi fattori riguardanti le condizioni del terreno, le infrastrutture per il trasporto del materiale e le tecnologie di raccolta (Cavalli e Grigolato, 2010). Sebbene in tempi recenti innovazioni significative si sono rese disponibili per lo sfruttamento forestale (Cavalli, 2008), sia in termini di tecnologie che di metodologie, la maggioranza delle foreste pubbliche e private in Italia sono ancora trattate mediante l'applicazione di metodi tradizionali, vale a dire, abbattimento tradizionale con motosega (Brachetti Montorselli et al., 2010) e bassi livelli di estrazione meccanizzata della legna (mulini e / o trattori agricoli) (Picchio et al., 2011). Queste macchine spesso non sono adeguatamente preparate per i lavori forestali.

La meccanizzazione forestale convenzionale rimane più adatta per il terzo diradamento o il taglio finale. Tuttavia, dimostra di essere una tecnica ingombrante per i cedui in conversione e poco efficiente e per il primo e il secondo diradamento con l'inconveniente di danni consistenti agli alberi e al suolo (Heikkilä et al, 2007; Savelli et al, 2010).

Un ceduo in naturale evoluzione mostra una grande variabilità strutturale, rivelando cambiamenti dinamici nei confronti delle strutture tipiche delle fustaie e una buona abilità nel salvaguardare la biodiversità e valorizzare le funzioni non produttive delle foreste. I nuovi approcci selvicolturali sostengono il naturale sviluppo dei cedui invecchiati, con l'intento di incrementare la stabilità e la funzionalità degli impianti fino al raggiungimento dell'età più appropriata per la rigenerazione del bosco da seme (Manetti e Gugliotta 2006). Come risultato, la conversione di un ceduo dovrebbe ulteriormente incrementare in popolarità (Ciancio 2002).

I più diffusi metodi d'esbosco sia nei boschi governati a ceduo che nei boschi in conversione sono con trattore equipaggiato con verricello forestale, trattore equipaggiato con gabbie. Le gru a cavo sono sempre più usate tra gli operatori forestali specialmente quelli pubblici e rappresentano un interessante sviluppo tecnologico in contesti simili. Gru a cavo però sono utilizzate il più delle volte con materiale di grandi dimensioni, e non così diffuse nella maggior parte delle aziende private, che hanno bisogno di raggiungere livelli di produttività superiori a quelli consentiti dalle canalette anche in boschi cedui.

I principali obiettivi di questo studio sono di determinare sia la produttività delle operazioni di raccolta e il bilancio energetico (input/output) dei diversi esboschi del legno corto (Short Wood System – SWS) e applicando il sistema della pianta intera (Full Tree System – FTS) in due cantieri uno governato a ceduo e uno in conversione all'alto fusto. Al fine di stimare il

bilancio energetico sono stati quantificati gli input indiretti, come ad esempio il valore energetico di macchine e attrezzature forestali; gli input diretti come ad esempio il consumo di carburanti e lubrificanti delle macchine, e il consumo energetico degli uomini durante le fasi di lavoro; gli output come ad esempio il valore energetico di tutta la legna esboscata (Picchio et al. 2009). Questi dati sono stati utilizzati per determinare la sostenibilità energetica dello Short Wood System (SWS) e del metodo del Full Tree System (FTS). SWS è il sistema di esbosco più utilizzato in Italia nei boschi cedui e in conversione e può dare diversi vantaggi: piccoli imposti dove ricollocare la legna esboscata, danni di poca entità alle piante che rimandano dopo il taglio durante le fasi di allestimento ed esbosco (Spinelli et al. 2004), bassi investimenti di capitale e bassi input energetici (Hippoliti 1997, Bagnaresi et al 1987). Lo scopo finale è quello di valutare il miglior sistema di raccolta del legno da un punto di vista energetico.

Il termine «analisi energetica» si riferisce allo studio dell'energia implicita nella produzione di un servizio o un prodotto (IFIAS 1975). Questa energia include sia l'energia usata nel processo di produzione (diretta), sia l'energia contenuta nei materiali usati per la produzione (indiretta). Il metodo del fabbisogno energetico complessivo, il Gross Energy Requirements (GER) è comunemente utilizzato nell'analisi energetica (IFIAS 1975). Il metodo enfatizza l'importanza delle fonti energetiche fossili nel sistema di produzione attuale e si focalizza solo sui flussi di energia fossile (diretta e indiretta). Nonostante che il metodo GER non includa la valutazione dell'input di energia umana impiegata nel processo produttivo, il lavoro umano rappresenta un contributo rilevante in molte attività produttive (IFIAS 1975, Biondi et al. 1989). Il requisito base per ogni filiera di generazione di bioenergia è che l'energia prodotta (output) debba essere più grande degli input di energia non rinnovabile necessari per costituire e gestire la filiera (Matthews 2001).

1.1. La filiera corta legno energia

La filiera è l'insieme delle attività che concorrono alla produzione, trasformazione, distribuzione e commercializzazione di un prodotto (Graniglia, 2006). Il progressivo aumento del prezzo del petrolio e del metano e la loro difficoltà di approvvigionamento che potrebbe verificarsi in futuro; gli impegni internazionali assunti (protocollo di Kyoto); i cambiamenti della politica agricola comunitaria (PAC) che determinano sempre minori finanziamenti alle colture tradizionali e gli incentivi finanziari per l'acquisto di generatori di energia di grandi e piccole dimensioni, sono alcuni dei fattori che hanno favorito l'utilizzo della biomassa

legnosa e che concretamente si sono tradotti nella costruzione di grandi centrali termoelettriche e di piccoli e medi impianti di teleriscaldamento per produzione di calore.

In pratica si sono costituite due filiere legno-energia: la prima che necessita di grandi quantità di materia prima, molto spesso importata anche da grandi distanze con conseguenze negative per il bilancio energetico (grandi quantità di CO₂ immessa nell'atmosfera), e la seconda, la filiera corta che ha come presupposto base il reperimento e lo sfruttamento di biomassa reperibile da distanze non superiori a 70 km (Verani et al. 2008).

La filiera energetica per il recupero delle biomasse è composta da tre fasi:

- raccolta e accumulo di biomasse: nel caso della biomassa forestale consiste nelle operazioni di taglio esbosco e trasporto della biomassa al luogo di trasformazione;
- preparazione del combustibile: per la biomassa legnosa questa fase corrisponde al momento della cippatura o della produzione di pellets o legna spaccata;
- produzione di energia elettrica e calore: consiste nella combustione del materiale legnoso per ottenere energia termica.

La filiera corta è una filiera produttiva caratterizzata da un numero limitato e circoscritto di passaggi produttivi, e di intermediazioni commerciali, che possono portare anche al contatto diretto fra il produttore e il consumatore. Lo scopo principale di tale filiera è contenere e ridurre i costi al consumo dei prodotti. La filiera corta è maggiormente diffusa in agricoltura, soprattutto per quei prodotti che non necessitano processi di trasformazione (Silvestri 2010).

2. Caratterizzazione della stazione

2.1. La Foresta Demaniale Regionale “Cuponi”

Questo studio è stato effettuato nel complesso demaniale Regionale di “Cuponi” nel comune di Sala Consilina in provincia di Salerno. L’area demaniale occupa una superficie di 485 ha ed è compreso fra le quote altimetriche 600-1350 m s.l.m.. Il substrato geologico è costituito da calcari friabili su cui si sono evolute terre brune a profondità variabile. La vegetazione forestale presente ricade nella fascia di vegetazione submontana o basale. La tipologia forestale in cui sono proposti gli interventi dimostrativi sintetizzati nel presente progetto riguardano un ceduo a prevalenza di cerro di origine agamica in conversione naturale a fustaia e, in parte, già sottoposta a interventi di conversione ad alto fusto ed un ceduo di querce densamente matricinato. Di questi soprassuoli quello che maggiormente desta preoccupazione è il loro stato fitosanitario. Le piante di quercia deperienti sono caratterizzate da un diradamento di vegetazione generalizzato o localizzato ad alcuni settori della chioma. Le foglie hanno una colorazione verde pallido: successivamente disseccano dal margine verso la nervatura centrale. Il fusto e le branche reagiscono con un’abbondante emissione di rami epicormici, con foglie più piccole del normale. Il tronco e le branche più grosse sulla corteccia presentano evidenti fessurazioni longitudinali di varie dimensioni. Nelle fessurazioni viene prodotta una sostanza mucillaginosa di colore bruno- scuro che si presenta con colature sulla corteccia. Il disseccamento è localizzato dapprima ad una o più branche, poi si estende man mano all’intera chioma fino a determinare la morte dell’intera pianta e della ceppaia. Sezioni trasversali eseguite sul fusto rilevano un imbrunimento del legno ad andamento basipeto, che quindi dal legno della parte aerea si spinge fino alle grosse radici. L’imbrunimento del legno può essere maculiforme od omogeneamente esteso ad interi settori del fusto.

2.2. Vincoli esistenti

La foresta demaniale è compresa nell’area SIC IT8050034 (Monti della Maddalena) della rete Natura 2000 con gli habitat prioritari (*) e non:

- * 6210 (Formazioni erbose secche seminaturali e facies coperte da cespugli su substrato calcareo - Festuco -Brometalia);
- * 6220 (Percorsi substeppici di graminacee e piante annue dei Thero-Brachypodietea);
- 8210 (Pareti rocciose calcaree con vegetazione casmofitica);
- * 9210 (Faggete degli Appennini con Taxus e Ilex).

Secondo il “Manuale Italiano di Interpretazione degli Habitat della Direttiva 92/43/CEE” si tratta dell’habitat 91M0: Foreste Pannonico-Balcaniche di cerro e rovere. Il querceto oggetto dell’intervento era comunque riconducibile all’associazione del *Physospermo verticillati-Quercetum cerridis* in cui sono inquadrare le cerrete meridionali. Le norme di attuazione del Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico dell’Autorità di Bacino interregione del fiume Sele, nella cartografia “Progetto di rivisitazione del piano stralcio per il rischio idraulico e da frana P.O.R. Campania 2000-2006 Misura 1.5, azione d)” in vigore non hanno evidenziato rischi e pericoli di frana per l’area oggetto del presente progetto di taglio.

2.3. Inquadramento territoriale delle aree dimostrative dell’intervento

Le aree dimostrative dell’intervento, sono querceti mesofili con diverso grado di mescolanza di altre latifoglie dell’orizzonte di competenza. Ricadono nello stesso range altimetrico, con diversa esposizione e grado di acclività del versante su cui vegetano. A queste aree si accede agevolmente mediante viabilità forestale in discreto stato di manutenzione (Figura 1).

Figura 1 Foresta demaniale di Cuponi. Particella sperimentale n°2 prima del taglio, con la strada di servizio.



2.4.Rilievo topografico e dendrometrico

I limiti di ciascuna delle 2 aree dimostrative sono stati marcati con segni di vernice rossa apposti su piante di confine e il perimetro dei poligoni chiusi rilevati mediante GPS. La restituzione cartografica delle coordinate ha reso possibile la stima della superficie di ciascuna area. All'interno di ciascuna area sono state dapprima individuate in modo temporaneo le piante da assegnare al taglio (Area sperimentale 1) o gli allievi da rilasciare (Area sperimentale 2). In seguito si è proceduto alle operazioni di martellata vere e proprie apponendo, su specchiatura realizzata al di sotto del colletto della piante, il segno del martello forestale, numerando progressivamente (diametro $1,30\text{ m} > 17,5\text{ cm}$) o apponendo un segno di crocetta (diametro $< 17,5\text{ cm}$) di vernice indelebile. Tutto in osservanza a quanto prescritto dalla LR 11/96.

I parametri dendrometrici sono stati rilevati mediante aree di saggio (AdS) nelle aree sperimentali. In ogni caso nella tabulazione dei dati sono state mantenute distinte le piante rilasciate da quelle oggetto di taglio. Oltre al cavalletto dendrometrico, l'ipsometro Vertex è servito per delimitare aree di saggio circolari e misurare le altezze degli alberi modello campionati per la costruzione della curva ipsometrica reale di ciascuna area dimostrativa. Nell'area dimostrativa n. 2, viste le differenze ipsodiametriche esistenti, la curva delle altezze dello strato delle matricine di querce è stata tenuta distinta da quella dello strato dei polloni, rappresentati soprattutto dalle altre specie.

Per il calcolo del volume è stato adottato il metodo dell'albero modello unico considerata la esigua dimensione e la relativa omogeneità dei diametri delle piante proposte per il taglio. Per questa ragione gli assortimenti ritraibili sono destinati esclusivamente a legna da ardere (diametro $> 5\text{ cm}$) e a fascina (diametro compreso fra 2 e 5 cm).

Con il metodo di stima dell'albero modello unico, l'area basimetrica è quella deducibile da piedilista di martellata (Aree 1) o dalla media delle aree di saggio (Area 2). L'altezza media è stata ricavata dalle equazioni delle curve ipsometriche costruite per ciascuna area, mentre il coefficiente di riduzione dendrometrico (comprensivo di fascina) è stato dedotto da alberi modello di cerro realizzati in soprassuoli simili a quelli in oggetto di stima, presenti in altre aree demaniali vicine.

Le modeste quantità di volume prelevate in ciascuna area sperimentale collocano questi interventi nell'area del macchiatico negativo. Tuttavia, trattandosi di interventi a carattere

sperimentale, la stima del valore di macchiatico esula dalle finalità del presente progetto. Il materiale è stato, in ogni caso, esboscato e accatastato all'imposto.

Il volume stimato ritraibile dagli interventi dimostrativi di taglio è stato stimato in circa 92 m³ che saranno consegnati con apposito verbale ai siti di imposto al soggetto che amministra e gestisce la foresta demaniale, vale a dire il Settore Tecnico Amministrativo Provinciale Foreste di Salerno.

2.4.1. Area dimostrativa n°1

2.4.1.1. Caratteri generali

Area (Figura 3) a morfologia molto variabile, da sub pianeggiante ad acclive e molto acclive in corrispondenza di forre: pendenza 10-40%, escursione altimetrica 920-1025 m s.l.m. Ubicata nelle adiacenze della strada camionabile e trattorabile di servizio forestale. Esposizione SE e S-SW. Superficie cartografica di intervento di 9200 m².

2.4.1.2. Descrizione del soprassuolo

Vecchio ceduo da carbone in stato di naturale evoluzione a fustaia, che nell'attuale stadio di crescita può essere associato considerata la esigua dimensione e la relativa omogeneità dei diametri delle piante nello stadio giovanile del processo di conversione all'alto fusto. Soprassuolo composto da querce caducifoglie (prevalentemente ibridi con cerro sporadico). Partecipazione di orniello e altre latifoglie mesoxerofile (acero napoletano, carpino nero, ciavardello, tiglio platifillo) allo stato sporadico e relegate in posizione sociale subordinata rispetto alle querce. Il faggio, sempre da ceppaia, partecipa in modo sporadico al consorzio arboreo in corrispondenza delle forre, dove il bioclimate è più oceanico.

La densità varia da molto colma a disforme per presenza di piccole chiarie in fase di saturazione nello spazio aereo, soprattutto mediante lo sviluppo delle chiome delle piante contigue e non mediante rinnovazione. Tale modalità di chiusura dei gap determina asimmetria delle chiome delle piante di margine. Questa caratteristica morfologica, unitamente agli elevati rapporti ipsodiametrici delle piante vegetanti nei tratti di soprassuolo più densi, ha determinato diffuse flessioni ad arco, soprattutto a carico delle querce e, meno frequentemente, troncare del fusto in corrispondenza della chioma verde.

Si osservano diffuse colature di liquido nerastro lungo i fusti delle querce, accompagnate da manicotti di ricacci epicormici lungo tutta la porzione inferiore e media del fusto, fin sotto

l'attacco della chioma verde. Diverse piante a corteccia liscia e poco spessa (orniello, acero napoletano, faggio) presentano alla base asportazioni di ritidoma che hanno messo allo scoperto la porzione esterna del legno. La forma di queste ferite e la loro direzione prevalente fa propendere per il rotolamento di massi, determinato dall'apertura della strada di servizio, posta a monte dell'area di intervento. La modalità dell'ultimo taglio sulle ceppaie di quercia, non eseguito ad arte, determina ristagni di acqua in incavi in fase di disfacimento che rappresentano la via preferenziale per lo sviluppo di marciumi radicali.

Presenza di legno morto sul pavimento della foresta, di monconi, di piante morte in piedi e in incipiente fase di morte, per lo più di quercia. La mortalità sembra essere determinata da attacchi fungini e avversità abiotiche, piuttosto che da autodiradamento generato da competizione intra e interspecifica.

Lo strato arbustivo presenta un indice di copertura relativamente basso ed è edificato da biancospino, evonimi, rosa canina, perastro e corniolo.

2.4.1.3. Descrizione dell'intervento

Considerate le condizioni strutturali, i rapporti di mescolanza e la dinamica evolutiva del soprassuolo, gli interventi colturali pregressi e lo stato fitosanitario, l'intervento di taglio proposto si inquadra come secondo taglio di avviamento a fustaia associato ad un taglio fitosanitario.

Le operazioni di martellata hanno interessato in modo prevalente i polloni di quercia che occupano posizioni sociali subordinate (dominate e sottoposte) sulla ceppaia, nonché quelli di orniello e altre specie (carpino nero, faggio). In ogni caso è stato ponderato il contributo di ciascuna chioma alla saturazione spazio aereo, anche in ragione della loro frequente asimmetria, in modo da non generare interruzioni permanenti nella copertura delle chiome. Queste, a loro volta, determinerebbero modificazioni positive del clima luminoso sotto copertura che favorirebbero lo sviluppo dello strato arbustivo spinescente e non. I rapporti di mescolanza fra le diverse specie sono stati salvaguardati grazie a modesti interventi di diradamento-sfollamento sulle ceppaie di orniello, acero, carpino nero, faggio, tenendo ben presente la loro maggiore diffusione soprattutto nel piano dominato in ragione della loro maggiore tolleranza all'ombra rispetto alle querce.

Il taglio fitosanitario ha riguardato tutte le piante (di quercia soprattutto) su cui sono stati diagnosticati conclamati attacchi fungini e con evidenti malformazioni permanenti e danneggiamenti sul fusto impartiti da sovraccarichi di neve.

Con l'intervento si propone l'asportazione di 312 piante di diametro inferiore a 17,5 cm e 14 piante di diametro superiore. L'area basimetrica che sarà asportata è pari al 20% circa di quella che insiste per ettaro, quasi esclusivamente di cerro e altre querce. È relativamente consistente (13%), inoltre, l'incidenza dell'area basimetrica delle piante morte, risultato del deperimento in atto piuttosto che esito dell'autodiradamento.

Nell'area dimostrativa 1 sono state messe a confronto due metodologie di concentramento ed esbosco:

- a soma, legno corto con gabbia montata posteriormente al trattore;
- a strascico con trattore e verricello forestale con forza di trazione di 5 t. (pianta intera).

Tabella 1 Principali caratteristiche dell'area sperimentale n°1 e degli alberi tagliati

Area	Pendenza media	%	15%
	Altitudine s.l.m.	m	970
	Esposizione		Sud
Popolamento	Diametro _{1,30}	cm	11,4
	Altezza media degli alberi	m	12,7
Taglio	Alberi tagliati	n/ha	614
	Totale volume abbattuto	m ³ /ha	46,33
	Totale massa asportata	t _{s.s.} /ha	33,36
		t _{s.f.} /ha	43,55
	Massa volumica	t _{s.s.} /m ³	0,72
		t _{s.f.} /m ³	0,94

2.4.2. Area dimostrativa n°2

2.4.2.1. Caratteri generali

Area a morfologia da acclive a molto acclive. Pendenza media 50%, escursione altimetrica 720-800 m s.l.m. Esposizione N-NW. La superficie cartografica di intervento è di 8500 m².

Figura 2 Vista della tagliata dell'area 2.



2.4.2.2. Descrizione del soprassuolo

Ceduo densamente matricinato in evoluzione naturale a fustaia (vecchio ceduo da carbone) di querce mesofile caducifoglie (cerro prevalente o subordinato a ibridi) con partecipazione di orniello, carpino nero e altre latifoglie della fascia di vegetazione di competenza (acero napoletano, ciavardello, carpinella, tiglio platifillo). La carpinella si rinviene maggiormente nella porzione superiore e nelle esposizioni più calde. Presenti altresì, sempre allo stato sporadico: acero campestre, sorbo domestico, sorbo montano o farinaccio.

Lo strato delle matricine (1T e 2T) è edificato quasi esclusivamente dalle querce in modo uniforme su gran parte della superficie, ad eccezione di un tratto intermedio della porzione superiore dell'area. Lo strato dei polloni è costituito, invece, in modo predominante dalle altre specie e in minor misura dalle querce.

Figura 3 Matricine di cerro nello strato dominante della particella.



Il 42% dell'area basimetrica compete alle querce, la restante quota è suddivisa fra orniello (30%) e carpino nero (28%). Questi dati molto stringati sono indicativi della tendenza regressiva in atto verso l'orno-ostrieto, più accentuata nella parte più a valle della particella, riconducibile sia ad attività antropiche che al deperimento delle querce.

La densità delle ceppaie varia da molto colma a disforme per presenza di piccole chiarie in fase di saturazione nello spazio aereo, soprattutto mediante lo sviluppo delle chiome delle piante contigue e non mediante rinnovazione.

Tale modalità di chiusura dei gap di chioma determina asimmetria delle chiome delle piante di margine. Questa caratteristica morfologica, unitamente agli elevati rapporti ipsodiametrici delle piante vegetanti nei tratti di soprassuolo più densi, ha determinato diffuse flessioni ad

arco, soprattutto a carico dei polloni di carpino nero e orniello, e meno frequentemente delle querce, che invece spesso sono troncate in corrispondenza della chioma verde.

Si osservano oltre alle troncature su menzionate, rami epicormici, colature di liquido nerastro lungo i fusti, cime seccagginose, ceppaie scalzate, con presenza di cavità spesso con accumuli di acqua che sono la via preferenziale per lo sviluppo di marciumi radicali. Molte piante presentano ferite alla base del fusto causate da rotolamento di massi, determinato dall'apertura della strada di servizio, che attraversa l'area spesso. Molti massi sono incastonati tra i fusti delle ceppaie o bloccati nella loro caduta a monte delle ceppaie.

Presenza di legno morto sul pavimento della foresta, di monconi, di piante morte in piedi e in incipiente fase di morte, sia tra le querce che tra le altre specie. La mortalità sembra essere determinata da cause diverse: avversità biotiche (attacchi fungini) e abiotiche (troncature del fusto da sovraccarichi di neve, rotolamento massi, scalzature di ceppaie) oltre che da autodiradamento generato dalla competizione intra e interspecifica.

2.4.2.3. Descrizione dell'intervento

Considerate le condizioni strutturali, i rapporti di mescolanza e la dinamica evolutiva del soprassuolo, gli interventi colturali pregressi e lo stato fitosanitario, l'intervento di taglio proposto si inquadra come primo taglio di avviamento a fustaia associato ad un taglio fitosanitario.

L'intervento è stato distinto in tre sottoaree. Le operazioni di martellata hanno interessato in modo prevalente i polloni di orniello e carpino nero, in secondo luogo le matricine di quercia che occupano posizioni sociali subordinate (dominate e sottoposte) o in precario stato fitosanitario. In ogni caso è stato ponderato il contributo di ciascuna pianta alla saturazione della copertura delle chiome, anche in ragione della loro frequente asimmetria, in modo da non generare interruzioni permanenti nella copertura delle chiome. Queste a loro volta determinerebbero modificazioni positive del clima luminoso sotto copertura che favorirebbero lo sviluppo dello strato arbustivo. I rapporti di mescolanza fra le diverse specie sono stati salvaguardati rilasciando i polloni migliori delle ceppaie del piano dominato e le specie rare e sporadiche. Dove erano presenti gap di copertura si è rilasciato un numero maggiore di individui dello strato inferiore per non causare un ulteriore depauperamento del suolo.

Con il taglio di avviamento viene asportato il 72% circa del numero delle piante, pari a circa il 50% dell'area basimetrica.

In questa area sono state messe a confronto tre metodologie per l'esbosco, utilizzando i sistemi della pianta intera o del legno lungo:

- con gru a cavo leggera modello “SAVALL” con carrello semiautomatico;
- con gru a cavo media con stazione motrice mobile modello “VALENTINI V400” con carrello automatico;
- a strascico con trattore e verricello forestale con forza di trazione di 5t.

Tabella 2 Principali caratteristiche dell'area sperimentale n°2 e degli alberi tagliati

Area	Pendenza media	%	50%
	Altitudine s.l.m.	m	760
	Esposizione		Nord
Popolamento	Diametro _{1,30}	cm	6,5
	Altezza media degli alberi	m	8
Taglio	Alberi tagliati	n/ha	1708
	Totale volume abbattuto	m ³ /ha	86,95
	Totale massa asportata	t _{s.s.} /ha	62,60
		t _{s.f.} /ha	81,73
	Massa volumica	t _{s.s.} /m ³	0,72
		t _{s.f.} /m ³	0,94

3. Materiali

Lo studio si prefigge l'obiettivo di analizzare e trasferire le diverse metodologie di lavoro negli interventi di avviamento all'alto fusto in boschi di cerro. Qualsiasi tipo di intervento va ad influenzare direttamente e indirettamente la crescita, la sostenibilità dei boschi e la competitività fra le imprese. Una migliore conoscenza delle varie metodologie ed una loro corretta e scrupolosa applicazione consentirebbe la realizzazione di interventi selvicolturali meno impattanti per l'ambiente e con ricadute sociali ed economiche positive. A seconda della diversa pendenza delle aree sono stati individuati anche i migliori sistemi di utilizzazione da trasferire alle aziende. Dopo la delimitazione delle aree in conversione, già citata nel paragrafo precedente, la prima parte del lavoro di utilizzazione è stata svolta nei boschi posti su terreni con pendenza inferiore al 30%, come rappresentato nello schema sottostante. Si è iniziato nell'area dedicata al lavoro tradizionale applicando il metodo del legno corto. Questo sistema ha permesso di constatare il livello di preparazione al lavoro delle persone dell'impresa e di determinare i parametri relativi alla produttività ed agli impatti.

In tutti i cantieri gli addetti all'abbattimento hanno impiegato come macchinario una motosega, con i relativi dispositivi di sicurezza personali (D.P.I.), da utilizzare obbligatoriamente come dotazione anti-infortunistica. L'abbattimento è stato scorporato dall'operazione di allestimento sul letto di caduta.

3.1.Descrizione delle macchine degli utensili e dell'abbigliamento di sicurezza

3.1.1. Motosega Husqvarna 346 XP

In tutti i cantieri la macchina utilizzata per l'abbattimento delle piante e per l'allestimento dei tronchi è stata una motosega modello Husqvarna 346 XP, equipaggiata con una barra Stihl da 40 cm. La XP è una motosega per l'abbattimento professionale, dove gli utenti esigono rapida accelerazione, massima potenza e manovrabilità.

Include caratteristiche come il tendicatena laterale, il primer, coperchio cilindro a sgancio rapido e carburatore su antivibranti.

Il basamento del motore di robusta costruzione resiste ad elevatissimi numeri di giri e al più duro utilizzo professionale, assicurando una lunga durata.

Per le operazioni di abbattimento delle piante la motosega è una delle attrezzature portatili maggiormente impiegate nelle utilizzazioni forestali, in quanto riesce a garantire un buon rapporto tra elevato costo della manodopera nei lavori boschivi e un minor affaticamento che il suo uso permette, quindi maggior quantità di materiale legnoso abbattuto con minor sforzo fisico dell'operatore.

Con il passare del tempo si sono raggiunti standard di sicurezza e di confort nell'utilizzo del macchinario, dovuti ad accorgimenti ed evoluzioni che si sono susseguite nel tempo, così da garantire elevati standard tecnici e qualitativi, e permettere la costruzione di motoseghe sempre più leggere, efficienti e relativamente economiche (Spinelli, 2003; Picchio, 2004).

A seconda della tipologia di intervento che si vuole eseguire, si deve scegliere la motosega che meglio si adatti alle operazioni di abbattimento da realizzare, in termini di potenza, peso e lunghezza della barra; è molto vasta inoltre anche la gamma di catene disponibili (Spinelli, 2000).

Inoltre, indipendentemente dal modello di motosega che si vuole utilizzare, questo macchinario deve essere dotato di una serie di dispositivi di sicurezza, resi disponibili da continui progressi scientifici nel tempo. Questi dispositivi sono definiti difese attive in quanto sono presenti direttamente sulla motosega, e si oppongono a eventuali inconvenienti o incedenti durante il loro utilizzo in bosco (Hippoliti & Piegai, 2000).

Tabella 3 Dati tecnici della motosega Husqvarna 346 XP

	Unità	Valore
Cilindrata	cm ³	50,1
Potenza	kW	2,7
Regime minimo	giri/min	2.700
Velocità alla massima potenza	giri/min	9.600
Alesaggio	Mm	44
Corsa del cilindro	Mm	32,5
Impianto di avviamento		SEM AM50
Candela		NGK BPMR7A
Spazio tra gli elettrodi	Mm	0,5
Nome del modello di carburatore		C3-EL32
Volume serbatoio carburante	L	0,5
Volume serbatoio olio	L	0,28
Tipo pompa olio		Flusso regolabile
Capacità pompa olio	ml/min	6-10
Velocità catena alla massima potenza	m/s	18,5
Massa con serbatoi pieni	Kg	6,5
Livello di vibrazioni equivalente (ahv, eq) impugnatura anteriore/posteriore	m/s ²	2,4/3,6
Livello di pressione acustica dell'orecchio dell'operatore	dB(A)	106
Livello di potenza acustica garantito	dB(A)	113
Passo della catena		,325
Dimensioni raccomandate della barra	cm	35-55

3.1.2. Trattore forestale Ranger

Si tratta di un trattore articolato con ruote isodiametriche. La protezione delle parti più esposte del veicolo, con funzioni di zavorra, garantisce un accesso nel bosco che non comporta rischi per la macchina e realizza un'ottima aderenza anche su terreno sconnesso. La gommatura larga consente un minore impatto ambientale sul sottobosco e una ottimale aderenza al suolo. La cabina di protezione del posto di guida, approvata in conformità alle vigenti normative protegge l'operatore durante le manovre di esbosco in tutti i due sensi di marcia. Il verricello

di serie è stato studiato per qualsiasi operazione di concentramento, traino ed esbosco in piena sicurezza per l'operatore il comando per l'azionamento del verricello a doppio tamburo è interno alla cabina e da la possibilità di accelerare o decelerare il motore, sbloccare il tamburo e traino della fune, con segnale acustico in caso di imprevisti all'operatore. Ogni tamburo ha una capacità di 110 metri di fune compattata speciale con diametro di 12 millimetri ed una forza trazione massima di 45 kN regolabili.

L'ottimizzazione della ripartizione dei pesi sugli assi e del rapporto passo-larghezza gommatura rendono questo veicolo stabile, sicuro, potente nel traino e forte nell'esbosco.

Il mezzo è stato utilizzato per le operazioni di concentramento-esbosco delle piante intere rimanendo sulla viabilità forestale (strada o pista). Una volta giunto in prossimità della linea di strascico indiretto, si abbassava lo scudo del verricello ed iniziava da parte di un operatore lo srotolamento della fune fino all'aggancio del carico composto da più piante e posto ad una distanza non superiore a 50 m.

Tabella 4 Caratteristiche tecniche del trattore forestale Ranger

Meccanica:	
Motore, potenza max	86.5 kW
Freni	a disco in bagno d'olio sulle 4 ruote, a comando idraulico, esenti da usura e dalla necessità di registrazione
Capacità tiro di del verricello	14.287 kg
Posto di guida	Non reversibile
Dimensioni:	
Passo	2794 mm
Lunghezza max	5588 mm
Carreggiata	2134 mm con pneumatici 18,4 x 34
Larghezza est. ruote	2636 mm
Luce libera	523 mm
Massa	7384 kg

3.1.3. Trattore agricolo Landini Vision 105

Questo mezzo equipaggiato con una gabbia retrostante è stato utilizzato per le operazioni di esbosco-trasporto della legna entrando in bosco dalla contigua strada di servizio della particella. Il Landini Vision 105 monta un motore Perkins Serie 1104D un 4 cilindri turbo che sviluppa una potenza di 72,5 kW. Il cambio Power-Five + Speed Five (cambio base) + Superiduttore + Reverse Power Shuttle per numero velocità 40AV+40RM montava anche un De-Clutch Control e Reverse Power Shuttle che agevolano rispettivamente l'innesto e l'inversione delle marce senza l'uso del pedale della frizione. La presa di forza di 1"3/8 ha due velocità di base di 540/750 g/min.

Tabella 5 Caratteristiche tecniche del trattore Landini

Meccanica:	
Motore, potenza max	72.5 kW
Freni	a disco in bagno d'olio sulle 4 ruote, in grafite, esenti da usura e dalla necessità di registrazione
Raggio di sterzata senza freni	4500 mm
Capacità sollevatore idraulico	4350 Kg
Posto di guida	Non reversibile
Dimensioni:	
Passo	2410 mm
Lunghezza massima con zavorre	4440 mm
Altezza sopra la cabina	2680 mm
Larghezza est. ruote	1850 mm
Luce libera	450 mm
Massa versione originale Landini	1860 Kg

3.1.4. Gru a cavo super leggera modello Savall

Il carrello pescante semiautomatico SAVALL 1500 ha una campana di aggancio oscillante, completo di stazioni di blocco di monte e valle ad ammortamento idraulico sulla fune portante, pompa idraulica manuale con relative tubazioni flessibili da 10 metri ed una scarpa di supporto per la fune portante. Abbinato al verricello originale Savall completo di meccanismo di avvolgimento svolgimento della fune portante/traente.

Tabella 6 caratteristiche principali impianto teleferico da esbosco SAVALL

Portata carrello	1500 kg
Diametro fune portante	14 mm
Lunghezza fune portante	300 m
Diametro fune traente	8 mm
Lunghezza fune traente	300 m
Peso del carrello	80 kg

3.1.5. Teleferica mobile Valentini V400

Questa teleferica permette di esboscare in salita o in discesa su una distanza reale di 400 m. Il sistema idrostatico permette un funzionamento graduale della velocità andando da zero al massimo sia in avanti che indietro e con bloccaggio del peso in caso di arresto; ciò permette di trainare i pesi a monte ma anche di calare i pesi a valle senza bisogno di azionare i freni. Tutte le carrucole della torre sono orientabili di 180°, permettendo così di poter lavorare anche con stazione parallela alla strada. Era equipaggiata con un carrello Stuefer HSK 2002 con una capacità di carico di 3 tonnellate.

Tabella 7 caratteristiche principali della teleferica mobile Valentini V400

Diametro fune portante	16 mm
Lunghezza fune portante	400 m
Diametro fune traente	10 mm
Lunghezza fune traente	400 m
Altezza torre	10 m
Peso del carrello	220 kg

3.1.6. Cippatrice Green Produzione CIP1500

Cippatrice era in grado di lavorare rami con diametro massimo di 15 cm. La tramoggia di carico e il sistema di alimentazione erano dotati di due rulli idraulici, controllati dal dispositivo no-stress, il tubo di scarico girevole a collo d'oca con un'altezza di 2300 mm permetteva il direzionamento del materiale sminuzzato. La macchina non dotata di un proprio motore era, durante le fasi di sminuzzatura, attaccata alla presa di potenza del trattore Landini vision 105 già in precedenza descritto.

Tabella 8 principali caratteristiche della cippatrice CIP 1500

N coltelli regolabili	2
Diametro massimo cippabile	150 mm
Dimensioni tramoggia	larghezza 1080mm – h 700 mm
Dimensioni	lung. 2600 mm – larg. 1400 mm – h 2300 mm
Potenza assorbita	29,4 kW
Peso	600 kg

3.2.Strumenti impiegati nella ricerca

Per l'esecuzione dei rilievi in campo, da cui sono stati ricavati i dati necessari per poter svolgere le successive elaborazioni statistiche, sono stati utilizzati una serie di strumenti tecnico scientifico, di seguito descritti:

3.2.1. Cavalletto Dendrometrico

Il modello impiegato è il “*Silvanus*” da 50 cm con intervalli di 0,5 cm, utilizzato per la misurazione del diametro al calcio delle piante abbattute e del diametro mediano durante la fase di cubatura del soprassuolo.



Figura 4 Cavalletto Dendrometrico “Silvanus”

3.2.2. Rotella Metrica

In materiale acciaio lunga 50 m, utilizzata sia per il rilievo del raggio delle aree di saggio sia per le misure dei fusti abbattuti sia per il profilo della linea di gru a cavo.



Figura 5 Rotella metrica

3.2.3. Bussola Topografica Verticale

Il modello di bussola topografica verticale impiegato è di tipi Wyssen con clisimetro, bolla e cerchio graduato, impiegata per il rilievo delle pendenze e delle altezze delle piante in piedi.



Figura 6 Bussola topografica verticale

3.2.4. Dinamometro portatile per il rilievo delle masse fresche

Modello RON 2000 con fondo scala a 12,5 t. Impiegato per il calcolo delle masse fresche lavorate.

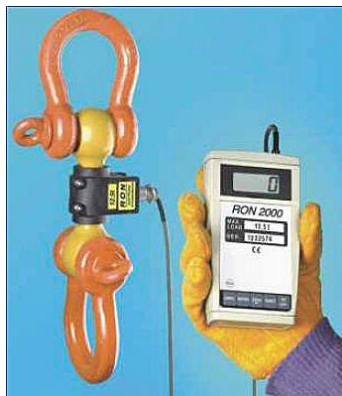


Figura 7 dinamometro portatile

3.2.5. Tabella Cronometrica

Il modello impiegato è il Minerva, dotato di tre cronometri ad azione meccanica, di cui uno per il rilievo dei tempi totali (conteggio delle ore totali e dei minuti) e gli altri due per il cronometraggio delle varie operazioni e fasi di lavoro (minuti e centesimi).



Figura 8 Tabella cronometrica

3.2.6. Personal Computer

Modello ASUS Eee 1001HA utilizzato con i Programmi Word ed Excell 2010 per una prima elaborazione dei dati raccolti in campo e la successiva elaborazione statistica con l'impiego del software Statistico Excellstat.



Figura 9 Netbook Eee 1001HA

4. Metodi di analisi

Nella redazione di questo elaborato si sono seguite delle metodologie di ricerca basate su protocolli approvati a livello nazionale ed internazionale, successivamente opportunamente elaborate ed adattate al contesto specifico di ricerca (Picchio *et al.*, 2009).

4.1. Analisi dendrometrica

L'analisi dendrometrica è stata effettuata tramite un campionamento di tipo soggettivo, realizzando delle aree di saggio circolari, opportunamente delimitate all'interno di ogni area omogenea (unità cartografica), così da poter essere il più possibile rappresentative di tutta l'area in studio.

Si sono utilizzate delle aree di saggio circolari in quanto presentano il vantaggio di avere un minor numero di alberi lungo il bordo dell'area, in seguito la figura geometrica del cerchio a parità di area presenta un minor perimetro.

All'interno di ogni area sono state censite tutte le piante presenti, rilevandone il diametro a petto d'uomo utilizzando il cavalletto dendrometrico, e misurandone l'altezza tramite l'utilizzo della bussola topografica; questi dati sono stati utilizzati per creare la curva ipsometrica del soprassuolo pre-intervento.

I dati rilevati sono stati registrati su appositi piedilista di cavallettamento e successivamente riportati su supporto digitale.

Si è effettuata questa analisi dendrometrica per poter determinare la reale massa legnosa presente nel popolamento prima del diradamento, e quanta massa è stata asportata con l'intervento.

Oltre al rilievo dei parametri prettamente dendrometrici, si sono rilevati anche i dati di accidentalità e pendenza del terreno, rinnovazione e stato fitosanitario del popolamento.

All'interno di ogni area si sono rilevati i diametri a petto d'uomo tramite l'utilizzo di un cavalletto dendrometrico, e l'altezza utilizzando il clisimetro.

Per poter cubare il soprassuolo, si sono rilevati il diametro medio e l'altezza di 50 piante abbattute, così da creare una tavola di cubatura del popolamento utilizzato la metodologia dell'albero modello unico; infine per poter ottenere migliori valori di cubatura si è utilizzata la formula di cubatura per sezioni distanti 1m di Heyer, ed è stata applicata su 15 piante abbattute.

Il metodo dell'albero modello unico permette di dar vita a un campionamento rappresentativo del popolamento, cercando di individuare i soggetti medi (cioè più rappresentativi del soprassuolo in termini di altezza e diametro, quindi anche di volume), scegliendo un numero

modesto di individui, così da abbattere i costi dei rilievi dendrometrici ed ottenere dei valori realistici e rappresentativi di cubatura del bosco in esame (La Marca O., 1999).

4.2.Rilievo dei tempi di lavoro

I tempi di lavoro rappresentano la durata di un lavoro, di un operazione o di una fase che si sta esaminando.

Per lavoro si intende una serie di operazioni compiute da un solo operaio o una squadra di operai con una determinata finalità e che è possibile raggrupparle sotto un'unica voce, per operazioni si intende una parte di un determinato lavoro che è possibile dividere in fase, e infine per fasi si intende l'unità fondamentale del lavoro (cioè lo studio in dettaglio), che può essere ulteriormente suddiviso in sottofasi.

Lo studio dei tempi di lavoro serve principalmente:

- ~ Individuare la durata di un lavoro, di una operazione, di una fase;
- ~ Evidenziare le operazioni e le fasi di lavoro, come vengono realizzate e se necessitano di provvedimenti di razionalizzazione per migliorarne la resa;
- ~ Calcolare la produttività e i costi delle singole fasi, operazioni e dell'intero lavoro;
- ~ Come aumentare la produttività di una squadra, tenendo conto anche delle attrezzature di cui dispongono;
- ~ Razionalizzare il lavoro usando la giusta macchina e nel giusto modo (Berti *et al.*, 1989).

Nei cantieri forestali in esame il rilievo dei tempi di lavoro si è incentrato sulle seguenti voci:

- ~ Tempi Produttivi, durante i quali gli uomini e i mezzi sono presenti sul posto di lavoro e stanno svolgendo una o più operazioni, questi tempi sono divisi in Tempi Netti (TN) e Tempi Morti Inevitabili (TMI);
- ~ Tempi Accessori, suddivisi in Servizio (S) e Preparazione (P), durante i quali gli operai e i mezzi sono presenti sull'area di lavoro, ma non svolgono funzioni imputabili direttamente alle operazioni in esame;
- ~ Tempi Operativi, ricavati dalla sommatoria dei tempi precedentemente illustrati;
- ~ Tempi Non Operativi, rappresentano determinati momenti in cui gli operai e i mezzi sono presenti nell'area di lavoro ma sono materialmente fermi e non occupati in lavori di nessun genere, sono indicati con TME (Tempi Morti Evitabili) e possono essere suddivisi in varie sottovoci.

La fase di rilievo dei tempi di lavoro, e la successiva elaborazione, è stata effettuata in base al protocollo armonizzato per lo studio dei lavori in bosco UE/AIR 3-CT94-2097, realizzato da un gruppo di lavoro a livello europeo (Baldini & Pollini, 2000).

Il rilievo di tempi di lavoro è stato effettuato con l'utilizzo di una tabella cronometrica modello Minerva, dotata di tre cronometri ad azione meccanica, di cui uno per il rilievo del tempo totale (ore, minuti e centesimi di minuto), e gli altri due per il cronometraggio delle singole fasi di lavoro (in minuti e centesimi di minuto).

I tempi rilevati sono stati annotati in apposite schede, suddivise in più voci a seconda delle fasi di lavorazione osservate, e riportati in minuti e centesimi di minuti (ad esempio 150, sta ad indicare 1 minuto e 50 centesimi).

Il rilievo si è concentrato sui seguenti tempi di lavoro, consideranti caratterizzanti delle operazioni esaminate:

- ~ Tempi Produttivi (TP), dati dalla somma dei Tempi Netti (TN) e dei Tempi Morti Inevitabili (TMI), $TP = TN + TMI$;
- ~ Tempi Accessori (TA), dati dalla somma dei Tempi di Servizio (S) e dei Tempi di Preparazione (P), $TA = S + P$;
- ~ Tempo Operativo (TO), dato dalla somma dei Tempi Produttivi (TP) e dei Tempi Accessori, $TO = TP + TA$;
- ~ Tempo Non Operativo (TNO), dato dalla sommatoria di tutti i Tempi Morti Evitabili (TME), $TNO = \sum TME$;
- ~ Tempo Totale Lordo (TTL), dato dalla somma dei Tempi Operativi (TO) con i Tempi Non Operativi (TNO), $TTL = TO + TNO$;
- ~ Tempi Morti Inevitabili (TMI);
- ~ Tempi Morti Evitabili (TME);

4.3. Produttività di lavoro

In base ai tempi di lavoro, la quantità di legna ottenuta dal diradamento (intesa in termini di massa e volume), la produttività media oraria per operario nelle differenti operazione è stata calcolata come:

- ~ Produttività Media Lorda (PHS_{15} productivity), calcolata prendendo in considerazione i PHS_{15} (Productive Hour System 15) includendo tutti i tempi morti inferiori a 15 minuti;

- ~ Produttività Media Netta (PHS₀ productivity), calcolata prendendo in esame solo i PHS₀ (Productive Hour System 0), senza tener conto di nessun tempo morto (Anon. 1988; Harstela, 1991; Picchio *et al.*, 2009).

La produttività è stata espressa facendo riferimento alla sostanza fresca (in base allo specifico contenuto di umidità media rilevato pari al 99%), alla sostanza secca e al volume.

4.4. Analisi della richiesta lorda di energia (GER)

Partendo dall'analisi dettagliata dei tempi di lavoro si sono analizzati i cantieri dal punto di vista energetico, per fare ciò ci si è avvalsi del metodo della richiesta lorda d'energia fossile (lubrificanti e combustibili) necessaria per produrre e commercializzare l'unità di massa legnosa (Baldini *et al.*, 2007).

L'analisi della richiesta lorda di energia (GER, Gross Energy Requirements) è una metodologia appoggiata dall'IFIAS (International Federation of Institutes for Advanced Study, di Stoccolma). Tale analisi ha un approccio pragmatico ai problemi energetici. In essa si sottolinea e si riconosce l'importanza delle fonti energetiche fossili negli attuali sistemi produttivi e soltanto sui flussi di energia fossile (diretta ed indiretta) focalizza il proprio interesse. L'analisi del GER è stata standardizzata mediante opportune convenzioni e definizioni. Il nome "Analisi energetica" è raccomandato per quel particolare campo di ricerca che studia l'energia necessaria nell'approvvigionamento di un bene o un servizio e che risulta così incorporata (sequestrata) in tale prodotto; non solo l'energia diretta impiegata, ma anche quella indiretta associata ai materiali di processo. Per i combustibili è impiegato tradizionalmente il potere calorifico superiore. I valori delle grandezze precedenti possono essere calcolati per unità di prodotto in uscita: o come media (richiesta totale di energia divisa la quantità totale di prodotto in uscita); o come valore marginale (quantità di energia spesa a livello di ultima unità di prodotto ottenuta).

Mettendo in relazione la potenza nominale della macchina [P (kW)], il fattore di carico del motore (F_c , in numero assoluto da 0 a 1), il consumo specifico di carburante di un motore [C_s (kg kW⁻¹ h⁻¹)] ed il tempo del suo utilizzo per unità di massa secca prodotta [T_u (h/t_{s.s.})], siamo riusciti a determinare il consumo unitario di combustibile C_u (kg/t_{s.s.}).

Per risalire dal valore del consumo unitario (kg/t_{s.s.}) agli input diretti (MJ/t_{s.s.}) delle macchine impiegate si sono usate tabelle analitiche che forniscono valori energetici (MJ/kg) dei principali mezzi di produzione (Picchio *et al*, 2009).

Il consumo dei lubrificanti è stato assunto pari a 3 kg ogni 100 kg di gasolio consumato e pari ad di kg per ogni kg di miscela utilizzata (Biondi *et al*, 1989).

Per il calcolo e la determinazione degli input indiretti delle macchine e delle attrezzature, abbiamo fatto riferimento al valore energetico dei singoli materiali strutturali, mettendoli in relazione alla loro presenza quantitativa, il tutto è stato quindi rapportato alla durata tecnica delle macchine, alla loro massa ed al loro effettivo impiego nel cantiere. Tale modo di procedere è stato adottato per le macchine e le attrezzature utilizzate in tutti e 5 i cantieri.

Tabella 9 Valori contenuti energetici per i combustibili e lubrificanti

Combustibili	Input (MJ/kg)
Gasolio	51,5
Benzina	55,3
Lubrificanti	83,7

Tabella 10 Valori dei contenuti energetici delle principali materie prime impiegate

Materia “prima”	Contenuto energetico medio (MJ/kg)
Materiali ferrosi	67,5
Materiali non ferrosi	90,0
Leghe leggere	360,0
Altri materiali	112,5

4.5.Costi di utilizzazione

I costi di utilizzazione rappresentano una voce fondamentale per la stima del prezzo di macchiatico e tutto ciò che esso comporta.

Per il computo della componente passiva del prezzo di macchiatico sono stati calcolati i costi macchina, i costi per i dispositivi di protezione individuale (DPI) ed i costi per il personale in base a quanto risultante dal lordo della busta paga degli operatori all’anno di riferimento del seguente lavoro (2012).

Con il presente lavoro si è inteso comunque indagare solo una parte della componente passiva del prezzo di macchiatico, tralasciando volutamente la stima riguardante le altre voci quali: spese di direzione, spese di amministrazione, oneri finanziari sul capitale anticipato per effettuare tutti i costi diretti (abbattimento, concentramento ecc.) necessari per eseguire l'utilizzazione forestale (non quello di direzione che rappresenta un costo indiretto).

4.5.1. Costi macchina

Poiché certe operazioni forestali, soprattutto derivanti da innovazioni di prodotto (ad esempio: produzione di scaglie) o di processo (esbosco di legno lungo o pianta intera), sono al limite della convenienza economica, è particolarmente importante poterne valutare correttamente i costi ed eventualmente fare confronti su basi metodologicamente omogenee.

La metodologia impiegata per il calcolo dei costi macchina è quella proposta da Hippoliti (1997) è un metodo specificamente sviluppato in Italia per analisi delle attività forestali.

4.5.2. Costo della manodopera

Per il calcolo del costo della manodopera ci si è basati sul valore effettivo erogato nel pagare gli operai impiegati nel presente lavoro considerato come media dell'ultimo anno di riferimento (2010-2011), questo sia per gli operai generici sia specializzati.

4.5.3. Costi per la sicurezza

Per calcolare come i costi della sicurezza incidono sul processo di utilizzazione è stato necessario sviluppare il calcolo con l'ausilio della metodologia per il calcolo dei costi macchina sviluppata da Hippoliti.

Naturalmente alcune voci sono state tolte ed altre sono state aggiunte per rendere il modello consono per i dispositivi di protezione individuale di cui si è calcolato il costo orario.

I valori riportati derivano da opportune indagini di mercato, dalle informazioni reperite presso i registri contabili dell'Ente presso cui sono stati svolti i lavori e da alcuni lavori scientifici (Verani et al. 2009; Baldini et al. 2009; Baldini et al. 2008; Di Fulvio et al. 2006).

Tabella 11 Parametri medi assunti per il calcolo dei costi imputabili ai DPI

	Variabile	Sigla	Valore
Casco completo	Periodo di reintegra (anni)	N	3
	Durata tecnica (ore)	D	5280
	Giorni teorici annui		220
	Giorni operativi annui	G	n.d.
	Ore effettive al giorno	g	8
	Ore effettive all'anno	n	1760
Salopette antitaglio	Periodo di reintegra (anni)	N	3
	Durata tecnica (ore)	D	5280
	Giorni teorici annui		220
	Giorni operativi annui	G	n.d.
	Ore effettive al giorno	g	8
	Ore effettive all'anno	n	1760
Guanti	Periodo di reintegra (anni)	N	0,5
	Durata tecnica (ore)	D	880
	Giorni teorici annui		220
	Giorni operativi annui	G	n.d.
	Ore effettive al giorno	g	8
	Ore effettive all'anno	n	1760
Scarponi antinfortunistici	Periodo di reintegra (anni)	N	3
	Durata tecnica (ore)	D	5280
	Giorni teorici annui		220
	Giorni operativi annui	G	n.d.
	Ore effettive giornaliere	g	8
	Ore effettive annue	n	1760

4.6. Analisi statistica

I dati rilevati in campo sono stati elaborati da appositi fogli di calcolo elettronici e sottoposti ad appropriate validazioni statistiche con test di statistica inferenziale.

4.6.1. Test t di Student

Il test t di Student applicato è stato quello per campioni dipendenti che prevedono un numero uguale di repliche. E nel caso questo assunto non fosse stato rispettato si è applicato il test t per campioni indipendenti.

4.6.2. Anova per Ranghi di Kruskal-Wallis

Il test di Kruskal-Wallis è un test non parametrico, cioè l'analisi della varianza non parametrica ad un criterio di classificazione, ed è uno dei test più efficaci per verificare l'ipotesi nulla, ovvero se i k gruppi indipendenti provengano dalla stessa popolazione e/o da popolazioni che abbiano la medesima mediana, e viene applicato anche per ovviare a possibili distorsioni dovute alla normalizzazione dei dati.

4.6.3. Analisi della Varianza (ANOVA) ed Assunti

Il metodo più utilizzato per confrontare le medie di più gruppi di campioni è l'ANOVA, un procedimento omoschedastico che prevede l'assunzione di varianze omogenee dei k gruppi in analisi.

Per verificare l'omogeneità delle varianze dei gruppi si utilizzano varie tipologie di test, alcuni vengono applicati su campioni che seguono una distribuzione normale, quindi possono essere applicati se i dati dei campioni in esame seguono una distribuzione normale.

In questo caso per la verifica dell'omogeneità delle varianze, è stato scelto il test di Levene, questo test è una statistica inferenziale utilizzato per valutare l'uguaglianza delle varianze nei diversi campioni.

Il test di Levene si basa sul concetto che le varianze delle popolazioni da cui sono stati scelti diversi campioni siano uguali, quindi l'ipotesi nulla si basa sul presupposto che la varianza all'interno delle popolazioni è uguale.

Affinché l'ipotesi nulla venga soddisfatta il p-value del test di Levene deve essere superiore a un certo valore critico (in genere 0,05), infatti se si ottengono valori inferiori risulta improbabile che le differenze di varianza dei campioni in esame sia dovuta a causa di un campionamento casuale, così l'ipotesi nulla non può essere accettata e si conclude che esiste una differenza ben marcata tra le varianze nella popolazione.

Di solito per determinare l'omogeneità della varianza ci si rifà anche all'analisi della varianza e del t-test.

Un vantaggio nell'utilizzo del test di Levene è che non richiede la normalità dei dati utilizzati, così viene impiegato prima di un confronto di mezzi, in quanto se è significativo si procede con altri test (ANOVA nel caso specifico), altrimenti le procedure di modifica sono assunte senza la parità di varianza.

Un altro aspetto fondamentale prima di applicare l'ANOVA è la verifica della normalità dei dati tramite l'impiego del test grafico di Lilliefors (il test proposto da H. Lilliefors nel 1967 è particolarmente utile in campioni di dimensioni minime, con valori critici che iniziano da

; Lilliefors definisce il suo test come una modificazione del test di Kolmogorov-Smirnov: ne segue la procedura, ma utilizza una tavola di valori critici differente), avendo come ipotesi nulla che la popolazione in esame dalla quale è estratto il campione non sia troppo differente dalla famiglia di distribuzioni che seguono la legge di Gauss, quindi che con μ σ qualsiasi ma e , contro l'ipotesi alternativa che sia diversa dalla normale a causa di asimmetria e/o curtosi.

Una volta dimostrata l'ipotesi nulla si può procedere con l'ANOVA, attraverso una serie di tecniche statistiche facenti parte della statistica inferenziale che permettono in confronto tra due o più gruppi di dati confrontando la variabilità interna a questi gruppi con la variabilità tra i gruppi.

L'ipotesi nulla presuppone che i dati di tutti i gruppi abbiano la stessa origine, cioè la stessa distribuzione stocastica, e che le differenze osservate siano puramente casuali.

Queste tecniche si utilizzano per variabili esplicative di tipo nominale, si potrebbero applicare anche per variabili di tipo ordinale o continuo, ma con risultati meno efficienti rispetto ad altre tecniche alternative come la regressione lineare.

L'ipotesi di base dell'analisi della varianza è che dati n gruppi, sia possibile scomporre la varianza in due componenti: la varianza interna a gruppi (detta Within) e la varianza tra i gruppi (Between).

Si fa questa separazione perché il confronto si basa sull'idea che se la variabilità interna ai gruppi è relativamente elevata rispetto alla variabilità tra i gruppi, allora probabilmente la differenza tra questi gruppi è soltanto il risultato della variabilità interna.

5. Risultati

In questo studio sono state analizzate per ogni singolo cantiere le operazioni di abbattimento, concentramento-esbosco e allestimento per le due tipologie forestali oggetto di ricerca e le 5 repliche, suddivise schematicamente come segue:

Repliche			
Area1	A	B	
Area2	A	B	C

5.1. Area sperimentale n°1 – replica A

In questa area si eseguiva un intervento selvicolturale di diradamento. L'orografia era caratterizzata da pendenza media del 15% e buona accessibilità. La replica analizzata prevedeva abbattimento con motosega ed allestimento sempre con motosega sul letto di caduta. Le piante allestite in tronchetti di un metro di lunghezza venivano quindi concentrate ed esboscate con trattore munito di gabbia posteriore. All'imposto la legna veniva quindi accatastata e pronta alla vendita come legna da ardere, mentre la ramaglia veniva lasciata in bosco.

5.1.1. Analisi dei tempi di lavoro

5.1.1.1. *Abbattimento ed allestimento*

Per quanto riguarda l'abbattimento in questo cantiere sono stati rilevati i seguenti tempi di lavoro:

- 1) Tempo di pulizia;
- 2) Tempo di abbattimento comprensivo del tempo di spostamento;
- 3) Tempo di sramatura e sezionatura.

Inoltre si sono registrati i tempi morti evitabili e i tempi morti inevitabili. Le operazioni di rilievo dei tempi di lavoro dell'abbattimento si riferiscono a due giornate lavorative.

Dall'analisi dei tempi, riportati nella sottostante tabella, si evince che il tempo medio di allestimento è superiore, di oltre il 70%, rispetto al tempo di abbattimento rilevato. Questo dato è spiegabile con il fatto che il popolamento preso in esame presentava diffusi alberi con flessioni ad arco, soprattutto a carico delle querce, a causa della densità varia da molto colma a disforme e per presenza di piccole chiarie in fase di saturazione nello spazio aereo che ha portato ad uno sviluppo asimmetrico delle chiome, quindi alberi tendenzialmente molto ramosi e con il tronco curvo. Inoltre la densità è molto vicina a quella iniziale, così la distanza

tra una pianta e l'altra è molto esigua ed ha permesso di avere un tempo medio di spostamento non molto alto.

Il tempo medio di pulizia è inferiore sempre per lo stesso motivo, infatti anche trovandoci in un secondo taglio di avviamento le chiome sono molto ravvicinate e non permettono il passaggio di grandi quantità di radiazione solare diretta, così la formazione di erbe o arbusti è stata minima, fenomeno che ha contribuito ad abbattere questo tempo di lavoro.

Le dimensioni delle piante hanno influito molto sul tempo di abbattimento, infatti con motoseghe di media potenza gli operatori riuscivano a tagliare le piante in maniera abbastanza rapida grazie ai diametri non troppo grandi dei fusti.

I tempi di lavoro rilevati nelle due giornate sono stati oggetto di indagine statistica con t-test per campioni indipendenti, il test per un numero di 189 cicli contenuti nelle 2 repliche non ha mostrato differenze significative ($p > 0,05$).

Tabella 12 Tempi di abbattimento (media $\pm$ deviazione standard)

Descrizione	Unità di misura	Valore
Operatori	n°	2
Macchine	n°	1
Piante	n°	189
Tempo Medio di Pulizia	min	0,14 $\pm$ 0,07
Tempo Medio di Abbattimento		0,38 $\pm$ 0,08
Tempo Morto Evitabile		5,18
Tempo Morto Inevitabile		8,85
Tempo Produttivo		203,62
Tempo Totale Lordo		208,80

Nel sottostante grafico a torta si mette in risalto la suddivisione, in percentuale, dei tempi di lavoro effettivi.

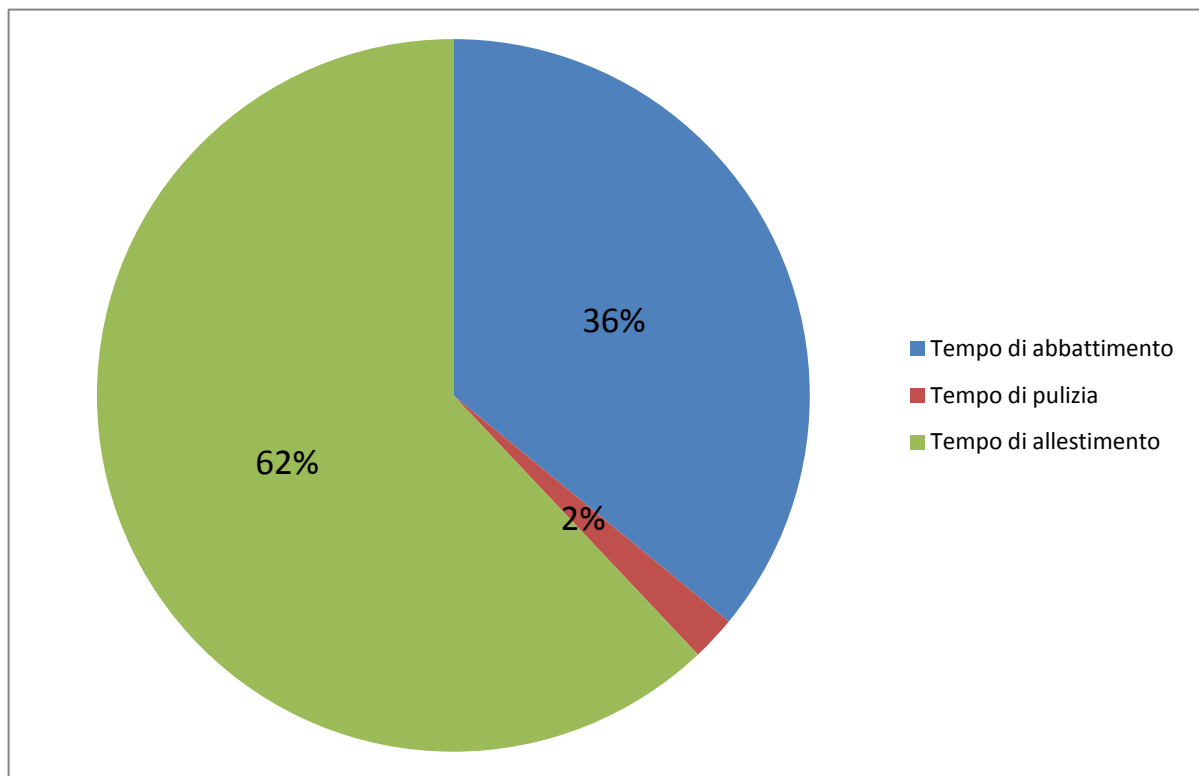


Grafico 1 Composizione percentuale dei tempi di lavoro effettivi

I Tempi Morti Evitabili sono composti esclusivamente dalla scarsa organizzazione dei lavori in bosco.

I Tempi Morti Inevitabili sono costituiti principalmente da solo 2 voci, pause fisiologiche che rappresentano il 46% dei TMI, e rifornimenti che rappresentano il 54% dei TMI.

Osservando da un punto di vista percentuale i tempi morti, si nota che i TME incidono sul tempo totale lordo del 2,5%, mentre i TMI influiscono su tempo totale lordo del 4%.

5.1.1.2. Concentramento ed esbosco

Per quanto riguarda il concentramento ed esbosco in questo cantiere sono stati rilevati i seguenti tempi di lavoro:

- 1) Tempo di ritorno a vuoto;
- 2) Tempo di carico;
- 3) Tempo di viaggio carico;
- 4) Tempo di scarico ed accatastamento.

Inoltre si sono registrati i tempi morti evitabili e i tempi morti inevitabili. Le operazioni di rilievo dei tempi di lavoro si riferiscono a due giornate lavorative.

Dall'analisi dei tempi, riportati nella sottostante tabella, si evince che il tempo medio di carico è superiore, agli altri tre tempi rilevati. Questo dato è spiegabile con il fatto che anche se l'intervento preso in esame è un secondo taglio di avviamento, quindi la densità è molto vicina a quella iniziale, così la distanza tra una pianta e l'altra è molto esigua ed il trattore doveva fermarsi spesso per permettere agli operai di caricare la legna a mano nella gabbia. Le dimensioni delle piante, con diametri molto contenuti, obbligavano a fermare spesso il trattore per completare il carico.

Il tempo medio di viaggio carico, il tempo di scarico e accatastamento e il tempo di viaggio scarico sono abbastanza allineati tra loro segno che il “collo di bottiglia” in questa fase del lavoro era rappresentato dall'inesperienza dei boscaioli che non hanno saputo accatastare ordinatamente in bosco gli alberi tagliati costringendo quindi il trattore a frequenti fermate per completare il carico.

I tempi di lavoro rilevati nelle due giornate sono stati oggetto di indagine statistica con t-test per campioni indipendenti, il test per un numero di 14 cicli contenuti nelle 2 repliche non ha mostrato differenze significative ($p > 0,05$).

Tabella 13 Tempi di concentramento ed esbosco (media $\pm$ deviazione standard)

Descrizione	Unità di misura	Valore
Operatori	n°	3
Macchine	n°	1
Viaggi	n°	14
Media pezzi a viaggio	n°	148
Distanza media a viaggio	m	84
Massa media fresca a pezzo	kg	6,7
Tempo Medio ritorno a vuoto	min	1,63 $\pm$ 0,12
Tempo Medio di carico		3,38 $\pm$ 0,48
Tempo medio di viaggio carico		2,13 $\pm$ 0,21
Tempo medio di scarico ed accatastamento		1,06 $\pm$ 0,28
Tempo Morto Evitabile		21,72
Tempo Morto Inevitabile		19,27
Tempo Produttivo		215,95
Tempo Totale Lordo		237,67

Nel successivo grafico a torta si mette in risalto la suddivisione, in percentuale, dei tempi di lavoro effettivi.

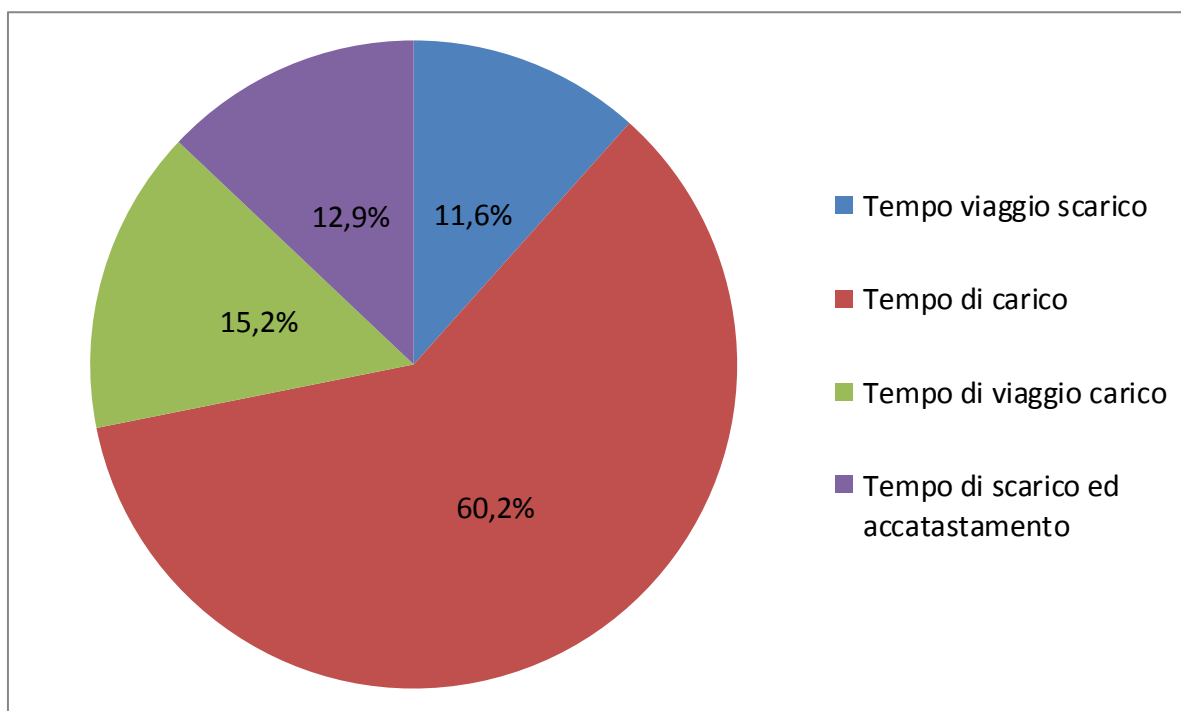


Grafico 2 Composizione percentuale dei tempi di lavoro effettivi

I Tempi Morti Evitabili sono composti principalmente dalla scarsa organizzazione dei lavori in bosco e dalle dimensioni del mezzo impiegato non sempre idonee per un intervento di avviamento all'alto fusto.

I Tempi Morti Inevitabili sono costituiti principalmente da solo 2 voci, pause fisiologiche che rappresentano il 26% dei TMI, e rifornimenti che rappresentano il 74% dei TMI.

Osservando da un punto di vista percentuale i tempi morti, si nota che i TME incidono sul tempo totale lordo del 9%, mentre i TMI influiscono su tempo totale lordo del 8%.

5.1.2. Produttività di lavoro

Rifacendosi ai tempi di lavoro, volume e massa, per ogni cantiere forestale preso in esame, è stata calcolata la produttività media oraria per ogni operaio nel cantiere, determinando la produttività media lorda (PHS₁₅ productivity) e la produttività media netta (PHS₀ productivity).

Le produttività sono state calcolate in due unità di misura differenti sulla base dei differenti dati di partenza:

- $t_{u35\%} \cdot h^{-1} \text{ operaio}^{-1}$, cioè la produttività, in tonnellate di legno ad una umidità corrispondente a quella di raccolta (e di volta in volta specificata), per ogni ora di lavoro di un singolo operaio;

- $t_{s,s}.h^{-1}operaio^{-1}$, cioè la produttività, in tonnellate di legno allo stato anidro, per ogni ora di lavoro di ogni singolo operaio.

5.1.2.1. *Abbattimento ed allestimento*

In questo cantiere la produttività durante l'operazione di abbattimento denota valori con piccoli margini di miglioramento, in quanto si denotano bassi tempi morti evitabili che influenzano la produttività finale.

Tabella 14 Produttività nell'operazione di abbattimento riferita alla squadra di lavoro di due operatori

Descrizione	Unità di misura	Valore
PHS₁₅	$t_{u35\%}.h^{-1}operaio^{-1}$	1,77
	$t_{s,s}.h^{-1}operaio^{-1}$	1,15
PHS₀	$t_{u35\%}.h^{-1}operaio^{-1}$	1,85
	$t_{s,s}.h^{-1}operaio^{-1}$	1,20

5.1.2.2. *Concentramento ed esbosco*

In questo cantiere la produttività durante l'operazione di concentramento ed esbosco denota valori con piccoli margini di miglioramento, in quanto si denotano bassi tempi morti evitabili che influenzano la produttività finale.

Tabella 15 Produttività nell'operazione di concentramento ed esbosco riferita alla squadra di lavoro di tre operatori

Descrizione	Unità di misura	Valore
PHS₁₅	$t_{u35\%}.h^{-1}operaio^{-1}$	1,16
	$t_{s,s}.h^{-1}operaio^{-1}$	0,75
PHS₀	$t_{u35\%}.h^{-1}operaio^{-1}$	1,31
	$t_{s,s}.h^{-1}operaio^{-1}$	0,85

5.1.3. *Analisi energetica*

Utilizzando la metodologia di calcolo della richiesta lorda di energia (GER), illustrata precedentemente nel capitolo delle metodologie di ricerca, si è redatta la richiesta energetica dei cantieri presi in esame in questo studio.

Per il calcolo degli input energetici si sono determinati sia gli input diretti (in base ai consumi di carburanti e lubrificanti delle macchine impiegate) e indiretti delle macchine utilizzate (facendo riferimento al valore energetico dei singoli materiali strutturali, alla loro durata

tecnica, alla loro massa, e all'impiego effettivo in campo), sia gli input relativi all'impiego della manodopera.

La determinazione del contenuto energetico dei combustibili e lubrificanti si è basata su valori generali riportati nella sottostante tabella, presi da un elaborato di Biondi del 1989.

Tabella 16 Valori energetici dei combustibili utilizzati

Combustibili	Input (MJ/kg)
Gasolio	51,5
Benzina	55,3
Lubrificanti	83,7

Poi si è determinato il valore del contenuto energetico dei singoli materiali che compongono i macchinari utilizzati durante l'operazione di abbattimento, con dei valori riportati nella sottostante tabella, presi da un elaborato di Volpi del 1992.

Tabella 17 Valore energetico delle materie prime impiegate

Materia Prima	Input (MJ/Kg)
Materiali ferrosi	67,5
Materiali non ferrosi	90,0
Leghe leggere	360,0
Altri materiali	112,5
PVC	100

Il consumo unitario è stato calcolato tramite la formula:

dove P è la potenza nominale della macchina in kW, F_c è il fattore di carico di motore compreso tra 0 e 1 (si è utilizzato un fattore pari a 0,7 per la motosega), C_s è il consumo specifico di carburante di un motore in $\text{kg kW}^{-1} \text{h}^{-1}$, e infine T_u è il tempo di utilizzo per unità di massa secca prodotta in $\text{h/t}_{s,s}$.

Per la determinazione degli input energetici per ogni singolo cantiere ci si è basati su: MJ/ts.s., cioè la quantità di energia necessaria (in MJ) per produrre una tonnellata di materiale legnoso (in ts.s.) allo stato anidro.

5.1.3.1. Abbattimento ed allestimento

Le analisi energetiche condotte per l'operazione di abbattimento ed allestimento hanno riguardato nello specifico le analisi dell'unica macchina impiegata in questa operazione la motosega.

Tabella 18 Tabella analitica delle macchine impiegate per il calcolo degli input energetici

	Motosega per abbattimento
Massa (kg)	6,5
Durata tecnica (h)	2000
Modello	Husqvarna
Potenza (kW)	2,7
Input (MJ·kg⁻¹)	153,07
Consumo specifico (kg ·kW⁻¹ ·h⁻¹)	0,35

Una volta evidenziati i valori caratteristici dell'impiego di questa macchina, si è provveduto a farli interagire con i tempi effettivi di impiego sul cantiere e le quantità di legno utilizzato durante l'utilizzazione.

Tabella 19 Input in MJ/t_{s.s.} rilevati per l'operazione di abbattimento

Input in MJ/t_{s.s.}			
	Input diretti	Input indiretti	Input totali
Area 1A	51,8	0,1	51,9

5.1.3.2. Concentramento ed esbosco

Le analisi energetiche condotte per l'operazione di concentramento ed esbosco hanno riguardato nello specifico le analisi dell'unica macchina impiegata in questa operazione il trattore agricolo munito di gabbia posteriore.

Tabella 20 Tabella analitica delle macchine impiegate per il calcolo degli input energetici

	Trattore
Massa con gabbia (t)	2,1
Durata tecnica (h)	10000
Modello	Landini vision 105
Potenza (kW)	72,5
Input (MJ·kg⁻¹)	132,25
Consumo specifico (kg ·kW⁻¹ ·h⁻¹)	0,25

Una volta evidenziati i valori caratteristici dell'impiego di questa macchina, si è provveduto a farli interagire con i tempi effettivi di impiego sul cantiere e le quantità di legno utilizzato durante l'utilizzazione.

Tabella 21 Input in MJ/t_{s.s.} rilevati per l'operazione di concentramento ed esbosco

Input in MJ/t_{s.s.}			
	Input diretti	Input indiretti	Input totali
Area 1A	55,6	6,9	62,5

5.1.4. Analisi dei costi di utilizzazione

Per ogni operazione di utilizzazione sono stati calcolati i costi delle macchine utilizzate in base alla metodologia Hippoliti (1997).

5.1.4.1. Abbattimento ed allestimento

Riguardo l'abbattimento si è proceduto al calcolo dei costi orari della motosega Husqvarna 346XP utilizzata.

Tabella 22 costi motosega secondo Hippoliti, 1997

<i>Parametri di calcolo</i>	<i>Simboli</i>	<i>Formule</i>	<i>Unità</i>	
Valore a nuovo della macchina	Vt		[€]	882,00
Saggio di interesse	r			0,03
Prezzo combustibile	Pc		[€/l]	2,00
Prezzo lubrificante	Pl		[€/l]	1,80
Costo annuo materiali di rapido consumo	Ra		[€/anno]	350,00
Periodo di reintegra	N		[anni]	3
Durata tecnica	D		[h]	2.000
Coefficiente di riparazione	s			0,7
Percentuale spese varie (ass., rimessa, ecc...)	v		[%]	0,00
Parametro per il calcolo degli interessi	y			0,5
Consumo giornaliero carburante (miscela)	CCd		[l]	4,0
Consumo giornaliero lubrificante	CLd		[l]	2,0
Ore effettive di impiego al giorno	g		[h/d]	5
Giorni effettivi di impiego all'anno	G		[d/anno]	120
Ore effettive di impiego all'anno	n	$G \cdot g$	[h/anno]	600
COSTI FISSI				
Quota di reintegra annua	Aa	Vt/N	[€/anno]	294,00
Quota di reintegra oraria	Ao	Aa/n	[€/h]	0,49
Quota annua interessi sul capitale	Ia	$Vt \cdot y \cdot r$	[€/anno]	13,23
Quota oraria interessi sul capitale	Io	Ia/n	[€/h]	0,02
Quota annua spese varie	Sva	$Vt \cdot v$	[€/anno]	0,00
Quota oraria spese varie	Svo	Sva/n	[€/h]	0,00
Totale costi fissi annui	Cfa	$Aa + Ia + Sva$	[€/anno]	307,23
TOTALE COSTI FISSI ORARI	Cfo	Cfa/n	[€/h]	0,51
COSTI VARIABILI ORARI				
Quota giornaliera materiale rapido consumo	Rd	Ra/G	[€/d]	2,92
Quota oraria materiale rapido consumo	Ro	$Ra/n = Rd/g$	[€/h]	0,58
Quota giornaliera manutenzioni e riparazioni	Md	$(Vt/D) \cdot g \cdot s$	[€/d]	1,54
Quota oraria manutenzioni e riparazioni	Mo	Md/g	[€/h]	0,31
Quota giornaliera carburante (miscela)	COCd	$Pc \cdot CCd$	[€/d]	8,00
Quota oraria carburante (miscela)	COC	$COCd/g$	[€/h]	1,60
Quota giornaliera lubrificanti	COLd	$Pl \cdot CLd$	[€/d]	3,60
Quota oraria lubrificanti	COL	$COLd/g$	[€/h]	0,72
Totale costi variabili giornalieri	Cvd	$Rd + Md + COCd + COLd$	[€/d]	16,06
TOTALE COSTI VARIABILI ORARI	Cvo	$Ro + Mo + COC + COL$	[€/h]	3,21
TOTALE COSTI ORARI MACCHINA		$Cfo + Cvo$	[€/h]	3,72

Per il calcolo del costo della manodopera ci si è basati sul valore medio effettivo del costo orario degli operatori forestali per l'anno di riferimento 2011/12, questo sia per gli operai

generici sia specializzati. I risultati hanno evidenziato un costo orario per un operaio specializzato pari a 18 €/h e per un operaio generico un costo orario pari a 13 €/h.

Per calcolare come i costi della sicurezza incidono sul processo di utilizzazione è stato necessario sviluppare il calcolo con l'ausilio della metodologia per il calcolo dei costi macchina ma opportunamente adattata sulla base di precedenti lavori (Picchio et al., 2012).

Sono stati calcolati i costi orari relativi a:

- casco protettivo completo di cuffie e visiera;
- salopette antitaglio;
- guanti protettivi;
- scarponi rinforzati con puntale in acciaio.

Tabella 23 Costi dei dispositivi di protezione individuale

Dispositivi di protezione individuale (DPI)				
	Casco	Salopette	Guanti	Scarpe
	[€/h]	[€/h]	[€/h]	[€/h]
Costi fissi orari	0,02	0,05	0,02	0,03
Costi variabili orari	0,01	0,04	0,02	0,03
Costi orari totali	0,03	0,09	0,04	0,06

Dalla tabella precedente possiamo osservare come i dispositivi di protezione individuale non influenzino in maniera cospicua il valore di costo orario di un'operazione, tuttavia non è possibile tralasciarne il calcolo, infatti, così facendo si andrebbe incontro ad una, anche se lieve, sottostima dei costi effettivi.

5.1.4.2. Concentramento ed esbosco

Riguardo il concentramento ed esbosco si è proceduto al calcolo dei costi orari del trattore munito di opportuni accessori (gabbia).

Tabella 24 Costi trattore con gabbia secondo Hippoliti, 1997

<i>Parametri di calcolo</i>	<i>Simboli</i>	<i>Formule</i>	<i>Unità</i>	
Valore a nuovo della macchina equipaggiata di gabbia	Vt		[€]	70.000,00
Saggio d'interesse	r			0,03
Prezzo gasolio	Pc		[€/l]	1,20
Prezzo lubrificante ⁽¹⁾	Pl		[€/l]	11,00
Costo annuo materiali di rapido consumo (pneumatici, funi)	Ra		[€/anno]	1.750,00
Periodo di reintegra	N		[anni]	10
Durata tecnica	D		[h]	10.000
Coefficiente di riparazione	s			0,80
Spese varie (ass., ricovero, tasse, ecc...)	v		[%]	0,02
Parametro per il calcolo degli interessi	y			0,5
Consumo giornaliero carburante (gasolio)	CCd		[l]	55,0
Consumo giornaliero lubrificante	CLd		[l]	1,7
Ore effettive di impiego al giorno	g		[h/d]	5
Giorni effettivi di impiego all'anno	G		[d/anno]	100
Ore effettive di impiego all'anno	n	$G \cdot g$	[h/anno]	500
COSTI FISSI				
Quota di reintegra annua	Aa	Vt/N	[€/anno]	7.000,00
Quota di reintegra oraria	Ao	Aa/n	[€/h]	14,00
Quota annua interessi sul capitale	Ia	$Vt \cdot y \cdot r$	[€/anno]	1.050,00
Quota oraria interessi sul capitale	Io	Ia/n	[€/h]	2,10
Quota annua spese varie	Sva	$Vt \cdot v$	[€/anno]	1.400,00
Quota oraria spese varie	Svo	Sva/n	[€/h]	2,80
Totale costi fissi annui	Cfa	$Aa + Ia + Sva$	[€/anno]	9.450,00
TOTALE COSTI FISSI ORARI	Cfo	Cfa/n	[€/h]	18,90
COSTI VARIABILI ORARI				
Quota giornaliera manutenzioni e riparazioni	Md	$(Vt/D) \cdot g \cdot s$	[€/d]	28,00
Quota oraria manutenzioni e riparazioni	Mo	Md/g	[€/h]	5,60
Quota giornaliera carburante (gasolio)	COCd	$Pc \cdot CCd$	[€/d]	66,00
Quota oraria carburante (gasolio)	COC	$COCd/g$	[€/h]	13,20
Quota giornaliera lubrificanti	COLd	$Pl \cdot CLd$	[€/d]	18,15
Quota oraria lubrificanti	COL	$COLd/g$	[€/h]	3,63
Quota giornaliera materiale rapido consumo (pneumatici, funi)	Rd	Ra/G	[€/d]	17,50
Quota oraria materiale rapido consumo (pneumatici, funi)	Ro	$Ra/n = Rd/g$	[€/h]	3,50
Totale costi variabili giornalieri	Cvd	$Rd + Md + COCd + COLd$	[€/d]	129,65
TOTALE COSTI VARIABILI ORARI	Cvo	Cvd/g	[€/h]	25,93
TOTALE COSTI ORARI MACCHINA		$Cfo + Cvo$	[€/h]	44,83

⁽¹⁾ Prezzo ottenuto come media ponderata tra quello dell'olio motore e quello dell'olio cambio.

Per il calcolo del costo della manodopera ci si è basati su quanto esposto al capitolo precedente. Operaio specializzato 18 €/h e operaio generico 13 €/h. Stessa cosa è stata fatta per i costi riguardanti la sicurezza.

Sono stati calcolati i costi orari relativi a:

- casco protettivo completo di cuffie e visiera;
- guanti protettivi;
- scarponi rinforzati con puntale in acciaio.

Tabella 25 costi dei dispositivi di protezione individuale

Dispositivi di protezione individuale (DPI)			
	Casco	Guanti	Scarpe
	[€/h]	[€/h]	[€/h]
Costi fissi orari	0,02	0,02	0,03
Costi variabili orari	0,01	0,02	0,03
Costi orari totali	0,03	0,04	0,06

Dalla tabella precedente possiamo osservare come i dispositivi di protezione individuale non influenzino in maniera cospicua il valore di costo orario di un'operazione, tuttavia non è possibile tralasciarne il calcolo, infatti, così facendo si andrebbe incontro ad una, anche se lieve, sottostima dei costi effettivi.

5.2.Area sperimentale n°1 – replica B

In questa area si eseguiva un intervento selvicolturale di avviamento ad alto fusto. L'orografia era caratterizzata da pendenza media del 15% e buona accessibilità. La replica analizzata prevedeva abbattimento con motosega. Le piante intere venivano concentrate ed esboscate con un trattore forestale articolato a ruote isodiametriche (skidder) dotato di verricello fisso a doppio tamburo. All'imposto le piante venivano allestite, in differenti assortimenti, dal tronco veniva allestita legna da ardere della lunghezza di 1 m, accatastata all'imposto e dai rami attraverso una sminuzzatrice a disco ad alimentazione manuale azionata dalla presa di potenza di un trattore, veniva prodotto dello sminuzzato.

5.2.1. Analisi dei tempi di lavoro

5.2.1.1. Abbattimento

Per quanto riguarda l'abbattimento in questo cantiere sono stati rilevati i seguenti tempi di lavoro:

- 1) Tempo di pulizia;
- 2) Tempo di abbattimento comprensivo del tempo di spostamento.

Inoltre si sono registrati i tempi morti evitabili e i tempi morti inevitabili. Le operazioni di rilievo dei tempi di lavoro dell'abbattimento ed allestimento si riferiscono a due giornate lavorative.

Dall'analisi dei tempi, riportati nella sottostante tabella, si evince che il tempo medio di abbattimento è superiore, rispetto, all'altro tempo rilevato. Questo dato è spiegabile con il fatto che l'intervento preso in esame è assimilabile ad un primo diradamento, quindi la densità è molto vicina a quella iniziale di sesto d'impianto, così la distanza tra una pianta e l'altra è molto esigua ed ha permesso di avere un tempo medio di spostamento non molto alto.

Il tempo medio di pulizia è inferiore sempre per lo stesso motivo, infatti trovandoci in un soprassuolo molto folto le chiome sono molto ravvicinate e non permettono il passaggio di grandi quantità di radiazione solare diretta, così la formazione di erbe o arbusti è stata minima, fenomeno che ha contribuito ad abbattere questo tempo di lavoro.

Le dimensioni delle piante hanno influito molto sul tempo di abbattimento, infatti con motoseghe di media potenza gli operatori riuscivano a tagliare le piante in maniera abbastanza rapida grazie ai diametri non troppo grandi dei fusti.

I tempi di lavoro rilevati nelle due giornate sono stati oggetto di indagine statistica con t-test per campioni indipendenti, il test per un numero di 192 cicli contenuti nelle 2 repliche non ha mostrato differenze significative ($p > 0,05$).

Tabella 26 Tempi di abbattimento (media $\pm$ deviazione standard)

Descrizione	Unità di misura	Valore
Operatori	n°	2
Macchine	n°	1
Piante	n°	192
Tempo Medio di Pulizia	min	0,15 $\pm$ 0,06
Tempo Medio di Abbattimento		0,38 $\pm$ 0,10
Tempo Morto Evitabile		15,98
Tempo Morto Inevitabile		16,92
Tempo Produttivo		118,10
Tempo Totale Lordo		134,08

Nel sottostante grafico a torta si mette in risalto la suddivisione, in percentuale, dei tempi di lavoro effettivi.

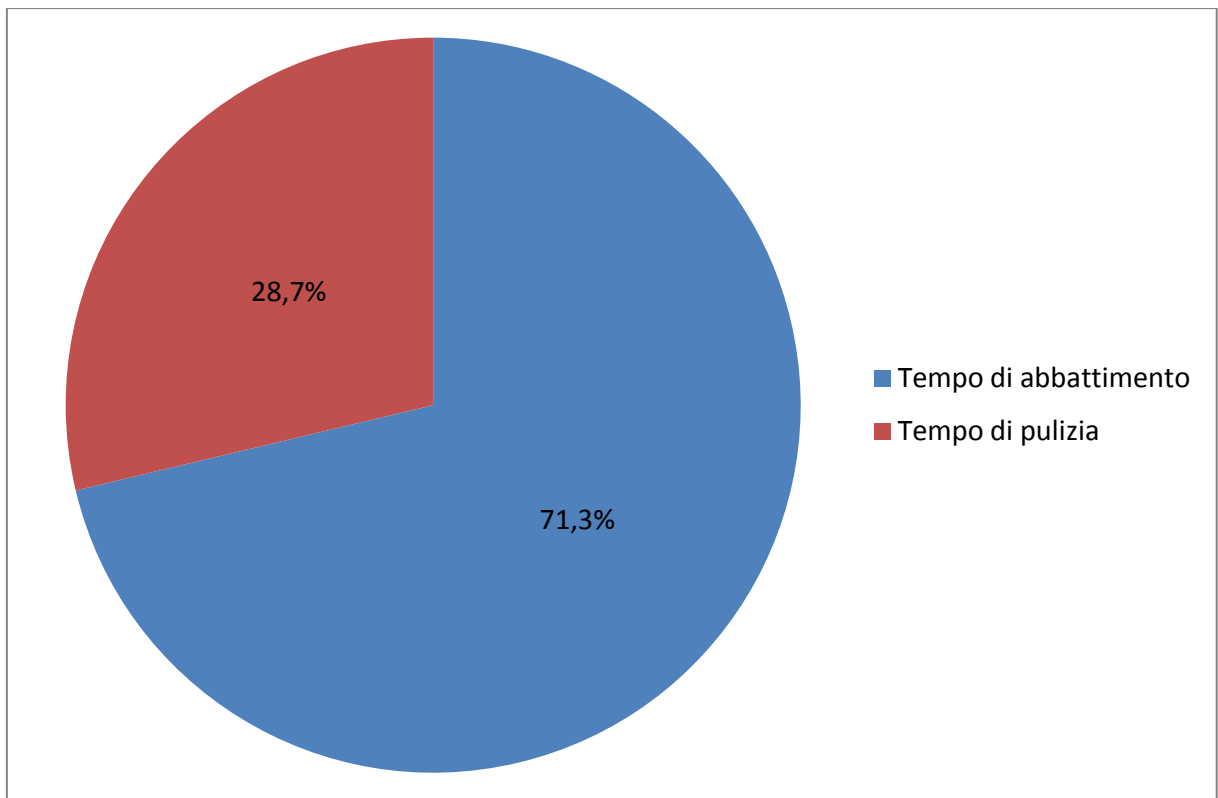


Grafico 3 Composizione percentuale dei tempi di lavoro effettivi

I Tempi Morti Evitabili sono composti esclusivamente dalla scarsa organizzazione dei lavori in bosco.

I Tempi Morti Inevitabili sono costituiti principalmente da solo 2 voci, pause fisiologiche che rappresentano il 41% dei TMI, e rifornimenti che rappresentano il 59% dei TMI.

Osservando da un punto di vista percentuale i tempi morti, si nota che i TME incidono sul tempo totale lordo del 12%, mentre i TMI influiscono su tempo totale lordo del 13%.

5.2.1.2. Concentramento ed esbosco

Per quanto riguarda il concentramento ed esbosco in questo cantiere sono stati rilevati i seguenti tempi di lavoro:

- 1) Tempo di aggancio;
- 2) Tempo di concentramento;
- 3) Tempo di esbosco;
- 4) Tempo di sgancio;
- 5) Tempo di ritorno scarico.

Inoltre si sono registrati i tempi morti evitabili e i tempi morti inevitabili. Le operazioni di rilievo dei tempi di lavoro a due giornate lavorative.

Dall'analisi dei tempi, riportati nella sottostante tabella, si evince che il tempo medio di concentramento è superiore, rispetto, agli altri tempi rilevati. Questo dato è spiegabile con il fatto che nell'intervento preso in esame la densità è molto vicina a quella iniziale di sesto d'impianto, così la distanza tra una pianta e l'altra è molto esigua e si è cercato non arrecare danni al soprassuolo rimanente.

Il tempo medio di esbosco è superiore sempre per lo stesso motivo, infatti trovandoci in un popolamento molto denso e dovendo esboscare la pianta intera si è cercato di minimizzare al massimo i danni al soprassuolo rimanente.

Le dimensioni delle piante hanno influito anche sul tempo di aggancio e sgancio del carico, infatti con diametri di piante piccoli gli operatori riuscivano formare un carico in maniera abbastanza agevole anche sollevano a mano i calci delle piante e a sganciarlo altrettanto agevolmente.

I tempi di lavoro rilevati nelle due giornate sono stati oggetto di indagine statistica con t-test per campioni indipendenti, il test per un numero di 48 cicli contenuti nelle 2 repliche non ha mostrato differenze significative ($p > 0,05$).

Tabella 27 Tempi di concentramento ed esbosco (media $\pm$ deviazione standard)

Descrizione	Unità di misura	Valore
Operatori	n°	3
Macchine	n°	1
Viaggi	n°	48
Media pezzi a viaggio	n°	8
Distanza media a viaggio	m	108
Massa media fresca pianta	kg	71,7
Tempo Medio aggancio	min	0,80 $\pm$ 0,10
Tempo Medio di concentramento		2,60 $\pm$ 0,24
Tempo medio di esbosco		2,58 $\pm$ 0,11
Tempo medio di sgancio		0,80 $\pm$ 0,28
Tempo medio di ritorno scarico		0,80 $\pm$ 0,38
Tempo Morto Evitabile		18,41
Tempo Morto Inevitabile		15,00
Tempo Produttivo		380,16
Tempo Totale Lordo		398,57

Nel sottostante grafico a torta si mette in risalto la suddivisione, in percentuale, dei tempi di lavoro effettivi.

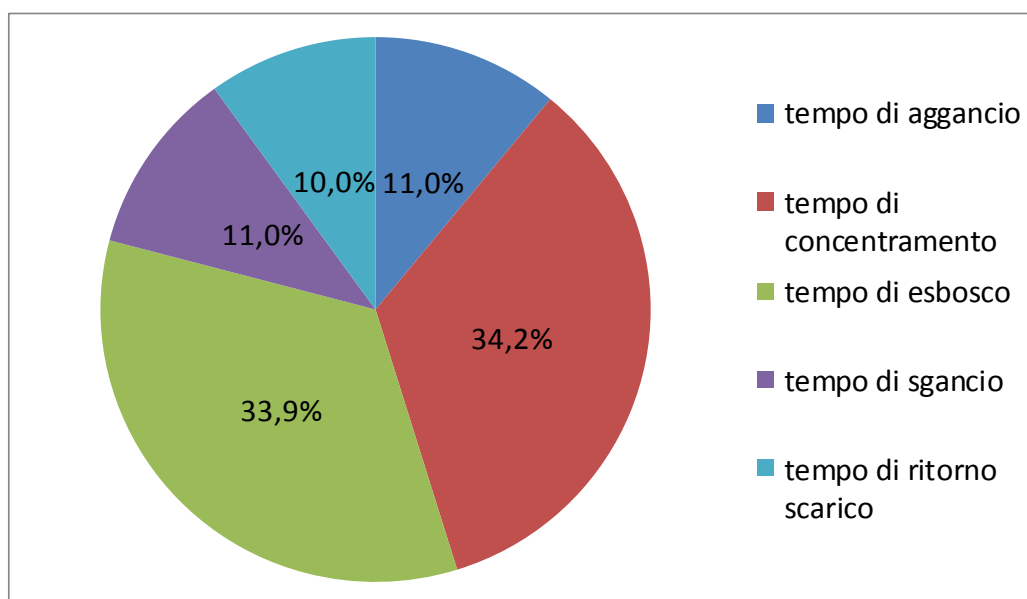


Grafico 4 Composizione percentuale dei tempi di lavoro effettivi

I Tempi Morti Evitabili sono composti principalmente dalla scarsa organizzazione dei lavori in bosco.

I Tempi Morti Inevitabili sono costituiti principalmente da solo 2 voci, pause fisiologiche che rappresentano il 20% dei TMI, e rifornimenti che rappresentano il 80% dei TMI.

Osservando da un punto di vista percentuale i tempi morti, si nota che i TME incidono sul tempo totale lordo del 5%, mentre i TMI influiscono su tempo totale lordo del 4%.

5.2.1.3. Allestimento

Per quanto riguarda l'allestimento considerato come sramatura, sezionatura, sminuzzatura della ramaglia ed accatastamento in questo cantiere sono stati rilevati i seguenti tempi di lavoro:

- 1) Tempo di sramatura;
- 2) Tempo di sezionatura;
- 3) Tempo di accatastamento;
- 4) Tempo di sminuzzatura.

Inoltre si sono registrati i tempi morti evitabili e i tempi morti inevitabili. Le operazioni di rilievo dei tempi di lavoro a due giornate lavorative.

Dall'analisi dei tempi, riportati nella sottostante tabella, si evince che il tempo medio di sramatura è il più basso, rispetto, agli altri tempi rilevati. Questo dato è spiegabile con il fatto

che l'intervento preso in esame è assimilabile ad un primo diradamento, quindi la densità è molto vicina a quella iniziale, così la ramosità tra una pianta e l'altra è molto poco accentuata ed ha permesso di avere un tempo medio di allestimento non molto alto.

Le dimensioni delle piante hanno influito molto sul tempo di accatastamento, della legna da ardere, infatti con materiale di piccole dimensioni gli operatori impiegavano un tempo sensibilmente maggiore nella formazione della catasta.

Il tempo medio di sminuzzatura è superiore sempre per lo stesso motivo, infatti le dimensioni minime del materiale da sminuzzare hanno fatto aumentare il tempo che l'operatore impiegava a raccogliere a mano la ramaglia e a formare una massa sufficiente da poter essere spinta nella bocca della sminuzzatrice per essere tritata.

I tempi di lavoro rilevati nelle due giornate sono stati oggetto di indagine statistica con t-test per campioni indipendenti, il test per un numero di 15 cicli contenuti nelle 2 repliche non ha mostrato differenze significative ($p > 0,05$).

Tabella 28 Tempi di allestimento (media $\pm$ deviazione standard)

Descrizione	Unità di misura	Valore
Operatori	n°	2
Macchine	n°	3
Piante	n°	167
Massa media fresca pianta	kg	71,7
Tempo Medio di sramatura	min	0,33 $\pm$ 0,07
Tempo Medio di sezionatura		0,59 $\pm$ 0,12
Tempo medio di accatastamento		0,82 $\pm$ 0,10
Tempo medio di sminuzzatura		0,84 $\pm$ 0,18
Tempo Morto Evitabile		2,65
Tempo Morto Inevitabile		163,78
Tempo Produttivo		595,24
Tempo Totale Lordo		597,89

Nel sottostante grafico a torta si mette in risalto la suddivisione, in percentuale, dei tempi di lavoro effettivi.

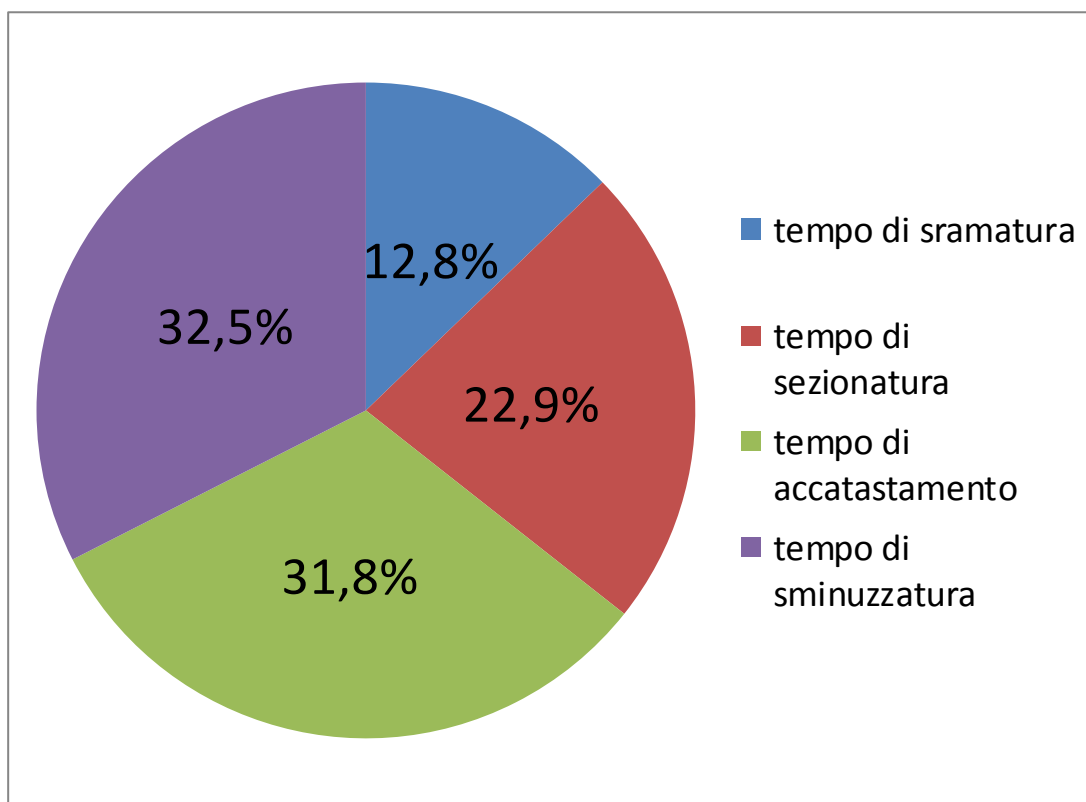


Grafico 5 Composizione percentuale dei tempi di lavoro effettivi

I Tempi Morti Evitabili sono composti principalmente dalla scarsa organizzazione dei lavori in bosco.

I Tempi Morti Inevitabili sono costituiti principalmente da solo 2 voci, pause fisiologiche che rappresentano il 22% dei TMI, e rifornimenti che rappresentano il 78% dei TMI.

Osservando da un punto di vista percentuale i tempi morti, si nota che i TME incidono sul tempo totale lordo del 0,5%, mentre i TMI influiscono su tempo totale lordo del 27%.

5.2.2. Produttività di lavoro

Rifacendosi ai tempi di lavoro, volume e massa, per ogni cantiere forestale preso in esame, è stata calcolata la produttività media oraria per ogni operaio nel cantiere, determinando la produttività media lorda (PHS_{15} productivity) e la produttività media netta (PHS_0 productivity).

Le produttività sono state calcolate in due unità di misura differenti sulla base dei differenti dati di partenza:

- $t_{u35\%}.h^{-1}\text{operaio}^{-1}$, cioè la produttività, in tonnellate di legno ad una umidità corrispondente a quella di raccolta (e di volta in volta specificata), per ogni ora di lavoro di un singolo operaio;
- $t_{s,s}.h^{-1}\text{operaio}^{-1}$, cioè la produttività, in tonnellate di legno allo stato anidro, per ogni ora di lavoro di ogni singolo operaio.

5.2.2.1. *Abbattimento ed allestimento*

In questo cantiere la produttività durante l'operazione di abbattimento denota valori con buoni margini di miglioramento, in quanto si denotano tempi morti evitabili che influenzano la produttività finale.

Tabella 29 Produttività nell'operazione di abbattimento e allestimento riferita alla squadra di lavoro di due operatori

Descrizione	Unità di misura	Valore
PHS₁₅	$t_{u35\%}.h^{-1}\text{operaio}^{-1}$	3,80
	$t_{s,s}.h^{-1}\text{operaio}^{-1}$	2,47
PHS₀	$t_{u35\%}.h^{-1}\text{operaio}^{-1}$	4,44
	$t_{s,s}.h^{-1}\text{operaio}^{-1}$	2,89

5.2.2.2. *Concentramento ed esbosco*

In questo cantiere la produttività durante l'operazione di concentramento ed esbosco denota valori con piccoli margini di miglioramento, in quanto si denotano bassi tempi morti evitabili che influenzano la produttività finale.

Tabella 30 Produttività nell'operazione di concentramento ed esbosco riferita alla squadra di lavoro di tre operatori

Descrizione	Unità di misura	Valore
PHS₁₅	$t_{u35\%}.h^{-1}\text{operaio}^{-1}$	1,46
	$t_{s,s}.h^{-1}\text{operaio}^{-1}$	0,95
PHS₀	$t_{u35\%}.h^{-1}\text{operaio}^{-1}$	1,57
	$t_{s,s}.h^{-1}\text{operaio}^{-1}$	1,02

5.2.2.3. *Allestimento*

In questo cantiere la produttività durante l'operazione di allestimento denota valori con piccoli margini di miglioramento, in quanto si denotano bassi tempi morti evitabili che influenzano la produttività finale.

Tabella 31 Produttività nell'operazione di allestimento riferita alla squadra di lavoro di due operatori

Descrizione	Unità di misura	Valore
PHS₁₅	$t_{u35\%} \cdot h^{-1} \text{operaio}^{-1}$	0,72
	$t_{s,s} \cdot h^{-1} \text{operaio}^{-1}$	0,47
PHS₀	$t_{u35\%} \cdot h^{-1} \text{operaio}^{-1}$	0,83
	$t_{s,s} \cdot h^{-1} \text{operaio}^{-1}$	0,54

5.2.3. Analisi energetica

Utilizzando la metodologia di calcolo della richiesta lorda di energia (GER), illustrata precedentemente nel capitolo delle metodologie di ricerca, si è redatta la richiesta energetica dei cantieri presi in esame in questo studio.

5.2.3.1. Abbattimento

Le analisi energetiche condotte per l'operazione di abbattimento hanno riguardato nello specifico le analisi dell'unica macchina impiegata in questa operazione la motosega.

Tabella 32 Tabella analitica delle macchine impiegate per il calcolo degli input energetici

	Motosega per abbattimento
Massa (kg)	6,5
Durata tecnica (h)	2000
Modello	Husqvarna
Potenza (kW)	2,7
Input (MJ·kg⁻¹)	153,07
Consumo specifico (kg ·kW⁻¹ ·h⁻¹)	0,35

Una volta evidenziati i valori caratteristici dell'impiego di questa macchina, si è provveduto a farli interagire con i tempi effettivi di impiego sul cantiere e le quantità di legno utilizzato durante l'utilizzazione.

Tabella 33 Input in MJ/ts.s. rilevati per l'operazione di abbattimento

Input in MJ/t_{s.s.}			
	Input diretti	Input indiretti	Input totali
Area 1B	41,6	0,1	41,7

5.2.3.2. Concentramento ed esbosco

Le analisi energetiche condotte per l'operazione di concentramento ed esbosco hanno riguardato nello specifico le analisi dell'unica macchina impiegata in questa operazione lo skidder.

Tabella 34 Tabella analitica delle macchine impiegate per il calcolo degli input energetici

	Trattore
Massa (t)	7,80
Durata tecnica (h)	10000
Modello	Ranger F65
Potenza (kW)	86,5
Input (MJ·kg⁻¹)	140,15
Consumo specifico (kg ·kW⁻¹ ·h⁻¹)	0,25

Una volta evidenziati i valori caratteristici dell'impiego di questa macchina, si è provveduto a farli interagire con i tempi effettivi di impiego sul cantiere e le quantità di legno utilizzato durante l'utilizzazione.

Tabella 35 Input in MJ/ts.s. rilevati per l'operazione di concentramento ed esbosco

Input in MJ/t_{s.s.}			
	Input diretti	Input indiretti	Input totali
Area 1B	50,2	18,4	68,6

5.2.3.3. Allestimento Le analisi energetiche condotte per l'operazione di allestimento hanno riguardato nello specifico le analisi delle macchine impiegate, una motosega, una sminuzzatrice ed un trattore agricolo.

Tabella 36 Tabella analitica delle macchine impiegate per il calcolo degli input energetici

	Motosega per allestimento
Massa (kg)	6,5
Durata tecnica (h)	2000
Modello	Husqvarna
Potenza (kW)	2,7
Input (MJ·kg⁻¹)	153,07
Consumo specifico (kg ·kW⁻¹ ·h⁻¹)	0,35

Tabella 37 Tabella analitica delle macchine impiegate per il calcolo degli input energetici

	Trattore
Massa (t)	1,9
Durata tecnica (h)	10000
Modello	Landini vision 105
Potenza (kW)	72,5
Input (MJ·kg⁻¹)	130,12
Consumo specifico (kg ·kW⁻¹ ·h⁻¹)	0,25

Tabella 38 Tabella analitica delle macchine impiegate per il calcolo degli input energetici

	Sminuzzatrice
Massa (t)	0,6
Durata tecnica (h)	10000
Modello	Green Produzione CIP1500
Potenza richiesta (kW)	30
Input (MJ·kg⁻¹)	65,35
Consumo specifico (kg ·kW⁻¹ ·h⁻¹)	0,25

Una volta evidenziati i valori caratteristici dell'impiego di queste macchine, si è provveduto a farli interagire con i tempi effettivi di impiego sul cantiere e le quantità di legno utilizzato durante l'utilizzazione.

Tabella 39 Input in MJ/ts.s. rilevati per l'operazione di allestimento

Input in MJ/t_{s.s.}			
	Input diretti	Input indiretti	Input totali
Area 1B	76,5	0,1	76,6

5.2.4. Analisi dei costi di utilizzazione

Per ogni operazione di utilizzazione sono stati calcolati i costi delle macchine utilizzate in base alla metodologia Hippoliti (1997).

5.2.4.1. Abbattimento

Riguardo l'abbattimento si è proceduto al calcolo dei costi orari della motosega Husqvarna 346XP utilizzata.

Tabella 40 costi motosega secondo Hippoliti, 1997

<i>Parametri di calcolo</i>	<i>Simboli</i>	<i>Formule</i>	<i>Unità</i>	
Valore a nuovo della macchina	Vt		[€]	882,00
Saggio di interesse	r			0,03
Prezzo combustibile	Pc		[€/l]	2,00
Prezzo lubrificante	Pl		[€/l]	1,80
Costo annuo materiali di rapido consumo	Ra		[€/anno]	350,00
Periodo di reintegra	N		[anni]	3
Durata tecnica	D		[h]	2.000
Coefficiente di riparazione	s			0,7
Percentuale spese varie (ass., rimessa, ecc...)	v		[%]	0,00
Parametro per il calcolo degli interessi	y			0,5
Consumo giornaliero carburante (miscela)	CCd		[l]	4,0
Consumo giornaliero lubrificante	CLd		[l]	2,0
Ore effettive di impiego al giorno	g		[h/d]	5
Giorni effettivi di impiego all'anno	G		[d/anno]	120
Ore effettive di impiego all'anno	n	$G \cdot g$	[h/anno]	600
COSTI FISSI				
Quota di reintegra annua	Aa	Vt/N	[€/anno]	294,00
Quota di reintegra oraria	Ao	Aa/n	[€/h]	0,49
Quota annua interessi sul capitale	Ia	$Vt \cdot y \cdot r$	[€/anno]	13,23
Quota oraria interessi sul capitale	Io	Ia/n	[€/h]	0,02
Quota annua spese varie	Sva	$Vt \cdot v$	[€/anno]	0,00
Quota oraria spese varie	Svo	Sva/n	[€/h]	0,00
Totale costi fissi annui	Cfa	$Aa + Ia + Sva$	[€/anno]	307,23
TOTALE COSTI FISSI ORARI	Cfo	Cfa/n	[€/h]	0,51
COSTI VARIABILI ORARI				
Quota giornaliera materiale rapido consumo	Rd	Ra/G	[€/d]	2,92
Quota oraria materiale rapido consumo	Ro	$Ra/n = Rd/g$	[€/h]	0,58
Quota giornaliera manutenzioni e riparazioni	Md	$(Vt/D) \cdot g \cdot s$	[€/d]	1,54
Quota oraria manutenzioni e riparazioni	Mo	Md/g	[€/h]	0,31
Quota giornaliera carburante (miscela)	COCd	$Pc \cdot CCd$	[€/d]	8,00
Quota oraria carburante (miscela)	COC	$COCd/g$	[€/h]	1,60
Quota giornaliera lubrificanti	COLd	$Pl \cdot CLd$	[€/d]	3,60
Quota oraria lubrificanti	COL	$COLd/g$	[€/h]	0,72
Totale costi variabili giornalieri	Cvd	$Rd + Md + COCd + COLd$	[€/d]	16,06
TOTALE COSTI VARIABILI ORARI	Cvo	$Ro + Mo + COC + COL$	[€/h]	3,21
TOTALE COSTI ORARI MACCHINA		$Cfo + Cvo$	[€/h]	3,72

Per il calcolo del costo della manodopera ci si è basati su quanto esposto al capitolo precedente. Operaio specializzato 18 €/h e operaio generico 13 €/h. Stessa cosa è stata fatta per i costi riguardanti la sicurezza.

Sono stati calcolati i costi orari relativi a:

- casco protettivo completo di cuffie e visiera;
- salopette antitaglio;
- guanti protettivi;
- scarponi rinforzati con puntale in acciaio.

Tabella 41 Costi dei dispositivi di protezione individuale

Dispositivi di protezione individuale (DPI)				
	Casco	Salopette	Guanti	Scarpe
	[€/h]	[€/h]	[€/h]	[€/h]
Costi fissi orari	0,02	0,05	0,02	0,03
Costi variabili orari	0,01	0,04	0,02	0,03
Costi orari totali	0,03	0,09	0,04	0,06

Dalla tabella precedente possiamo osservare come i dispositivi di protezione individuale non influenzino in maniera cospicua il valore di costo orario di un'operazione, tuttavia non è possibile tralasciarne il calcolo, infatti, così facendo si andrebbe incontro ad una, anche se lieve, sottostima dei costi effettivi.

5.2.4.2. Concentramento ed esbosco

Riguardo il concentramento ed esbosco si è proceduto al calcolo dei costi orari dello skidder.

Tabella 42 Costi trattore forestale secondo Hippoliti, 1997

<i>Parametri di calcolo</i>	<i>Simboli</i>	<i>Formule</i>	<i>Unità</i>	
Valore a nuovo della macchina	Vt		[€]	110.000,00
Saggio d'interesse	r			0,03
Prezzo gasolio	Pc		[€/l]	1,20
Prezzo lubrificante ⁽¹⁾	Pl		[€/l]	11,00
Costo annuo materiali di rapido consumo (pneumatici, funi)	Ra		[€/anno]	1200,00
Periodo di reintegra	N		[anni]	10
Durata tecnica	D		[h]	10.000
Coefficiente di riparazione	s			0,80
Spese varie (ass., ricovero, tasse, ecc...)	v		[%]	0,02
Parametro per il calcolo degli interessi	y			0,5
Consumo giornaliero carburante (gasolio)	CCd		[l]	31
Consumo giornaliero lubrificante	CLd		[l]	0,9
Ore effettive di impiego al giorno	g		[h/d]	5
Giorni effettivi di impiego all'anno	G		[d/anno]	100
Ore effettive di impiego all'anno	n	$G \cdot g$	[h/anno]	500
COSTI FISSI				
Quota di reintegra annua	Aa	Vt/N	[€/anno]	11.000,00
Quota di reintegra oraria	Ao	Aa/n	[€/h]	22,00
Quota annua interessi sul capitale	Ia	$Vt \cdot y \cdot r$	[€/anno]	1.650,00
Quota oraria interessi sul capitale	Io	Ia/n	[€/h]	3,30
Quota annua spese varie	Sva	$Vt \cdot v$	[€/anno]	2.200,00
Quota oraria spese varie	Svo	Sva/n	[€/h]	4,40
Totale costi fissi annui	Cfa	$Aa + Ia + Sva$	[€/anno]	14.850,00
TOTALE COSTI FISSI ORARI	Cfo	Cfa/n	[€/h]	29,70
COSTI VARIABILI ORARI				
Quota giornaliera manutenzioni e riparazioni	Md	$(Vt/D) \cdot g \cdot s$	[€/d]	44,00
Quota oraria manutenzioni e riparazioni	Mo	Md/g	[€/h]	8,80
Quota giornaliera carburante (gasolio)	COCd	$Pc \cdot CCd$	[€/d]	37,20
Quota oraria carburante (gasolio)	COC	$COCd/g$	[€/h]	7,44
Quota giornaliera lubrificanti	COLd	$Pl \cdot CLd$	[€/d]	10,23
Quota oraria lubrificanti	COL	$COLd/g$	[€/h]	2,05
Quota giornaliera materiale rapido consumo (pneumatici, funi)	Rd	Ra/G	[€/d]	12,00
Quota oraria materiale rapido consumo (pneumatici, funi)	Ro	$Ra/n = Rd/g$	[€/h]	2,40
Totale costi variabili giornalieri	Cvd	$Rd + Md + COCd + COLd$	[€/d]	103,43
TOTALE COSTI VARIABILI ORARI	Cvo	Cvd/g	[€/h]	20,69
TOTALE COSTI ORARI MACCHINA		$Cfo + Cvo$	[€/h]	50,39

⁽¹⁾ Prezzo ottenuto come media ponderata tra quello dell'olio motore e quello dell'olio cambio.

Per il calcolo del costo della manodopera ci si è basati su quanto esposto al capitolo precedente. Operaio specializzato 18 €/h e operaio generico 13 €/h. Stessa cosa è stata fatta per i costi riguardanti la sicurezza.

Sono stati calcolati i costi orari relativi a:

- casco protettivo completo di cuffie e visiera;
- guanti protettivi;
- scarponi rinforzati con puntale in acciaio.

Tabella 43 Costi dei dispositivi di protezione individuale.

Dispositivi di protezione individuale (DPI)			
	Casco	Guanti	Scarpe
	[€/h]	[€/h]	[€/h]
Costi fissi orari	0,02	0,02	0,03
Costi variabili orari	0,01	0,02	0,03
Costi orari totali	0,03	0,04	0,06

Dalla tabella precedente possiamo osservare come i dispositivi di protezione individuale non influenzino in maniera cospicua il valore di costo orario di un'operazione, tuttavia non è possibile tralasciarne il calcolo, infatti, così facendo si andrebbe incontro ad una, anche se lieve, sottostima dei costi effettivi.

5.2.4.3. Allestimento

Riguardo l'allestimento si è proceduto al calcolo dei costi orari delle macchine impiegate.

Tabella 44 costi motosega secondo Hippoliti, 1997

<i>Parametri di calcolo</i>	<i>Simboli</i>	<i>Formule</i>	<i>Unità</i>	
Valore a nuovo della macchina	Vt		[€]	882,00
Saggio di interesse	r			0,03
Prezzo combustibile	Pc		[€/l]	2,00
Prezzo lubrificante	Pl		[€/l]	1,80
Costo annuo materiali di rapido consumo	Ra		[€/anno]	350,00
Periodo di reintegra	N		[anni]	3
Durata tecnica	D		[h]	2.000
Coefficiente di riparazione	s			0,7
Percentuale spese varie (ass., rimessa, ecc...)	v		[%]	0,00
Parametro per il calcolo degli interessi	y			0,5
Consumo giornaliero carburante (miscela)	CCd		[l]	4,0
Consumo giornaliero lubrificante	CLd		[l]	2,0
Ore effettive di impiego al giorno	g		[h/d]	5
Giorni effettivi di impiego all'anno	G		[d/anno]	120
Ore effettive di impiego all'anno	n	$G \cdot g$	[h/anno]	600
COSTI FISSI				
Quota di reintegra annua	Aa	Vt/N	[€/anno]	294,00
Quota di reintegra oraria	Ao	Aa/n	[€/h]	0,49
Quota annua interessi sul capitale	Ia	$Vt \cdot y \cdot r$	[€/anno]	13,23
Quota oraria interessi sul capitale	Io	Ia/n	[€/h]	0,02
Quota annua spese varie	Sva	$Vt \cdot v$	[€/anno]	0,00
Quota oraria spese varie	Svo	Sva/n	[€/h]	0,00
Totale costi fissi annui	Cfa	$Aa + Ia + Sva$	[€/anno]	307,23
TOTALE COSTI FISSI ORARI	Cfo	Cfa/n	[€/h]	0,51
COSTI VARIABILI ORARI				
Quota giornaliera materiale rapido consumo	Rd	Ra/G	[€/d]	2,92
Quota oraria materiale rapido consumo	Ro	$Ra/n = Rd/g$	[€/h]	0,58
Quota giornaliera manutenzioni e riparazioni	Md	$(Vt/D) \cdot g \cdot s$	[€/d]	1,54
Quota oraria manutenzioni e riparazioni	Mo	Md/g	[€/h]	0,31
Quota giornaliera carburante (miscela)	COCd	$Pc \cdot CCd$	[€/d]	8,00
Quota oraria carburante (miscela)	COC	$COCd/g$	[€/h]	1,60
Quota giornaliera lubrificanti	COLd	$Pl \cdot CLd$	[€/d]	3,60
Quota oraria lubrificanti	COL	$COLd/g$	[€/h]	0,72
Totale costi variabili giornalieri	Cvd	$Rd + Md + COCd + COLd$	[€/d]	16,06
TOTALE COSTI VARIABILI ORARI	Cvo	$Ro + Mo + COC + COL$	[€/h]	3,21
TOTALE COSTI ORARI MACCHINA		$Cfo + Cvo$	[€/h]	3,72

Tabella 45 costi trattore agricolo secondo Hippoliti, 1997

<i>Parametri di calcolo</i>	<i>Simboli</i>	<i>Formule</i>	<i>Unità</i>	
Valore a nuovo della macchina	Vt		[€]	70.000,00
Saggio d'interesse	r			0,03
Prezzo gasolio	Pc		[€/l]	1,20
Prezzo lubrificante ⁽¹⁾	Pl		[€/l]	11,00
Costo annuo materiali di rapido consumo (pneumatici, funi)	Ra		[€/anno]	1.750,00
Periodo di reintegra	N		[anni]	10
Durata tecnica	D		[h]	10.000
Coefficiente di riparazione	s			0,80
Spese varie (ass., ricovero, tasse, ecc...)	v		[%]	0,02
Parametro per il calcolo degli interessi	y			0,5
Consumo giornaliero carburante (gasolio)	CCd		[l]	55,0
Consumo giornaliero lubrificante	CLd		[l]	1,7
Ore effettive di impiego al giorno	g		[h/d]	5
Giorni effettivi di impiego all'anno	G		[d/anno]	100
Ore effettive di impiego all'anno	n	$G \cdot g$	[h/anno]	500
COSTI FISSI				
Quota di reintegra annua	Aa	Vt/N	[€/anno]	7.000,00
Quota di reintegra oraria	Ao	Aa/n	[€/h]	14,00
Quota annua interessi sul capitale	Ia	$Vt \cdot y \cdot r$	[€/anno]	1.050,00
Quota oraria interessi sul capitale	Io	Ia/n	[€/h]	2,10
Quota annua spese varie	Sva	$Vt \cdot v$	[€/anno]	1.400,00
Quota oraria spese varie	Svo	Sva/n	[€/h]	2,80
Totale costi fissi annui	Cfa	$Aa + Ia + Sva$	[€/anno]	9.450,00
TOTALE COSTI FISSI ORARI	Cfo	Cfa/n	[€/h]	18,90
COSTI VARIABILI ORARI				
Quota giornaliera manutenzioni e riparazioni	Md	$(Vt/D) \cdot g \cdot s$	[€/d]	28,00
Quota oraria manutenzioni e riparazioni	Mo	Md/g	[€/h]	5,60
Quota giornaliera carburante (gasolio)	COCd	$Pc \cdot CCd$	[€/d]	66,00
Quota oraria carburante (gasolio)	COC	$COCd/g$	[€/h]	13,20
Quota giornaliera lubrificanti	COLd	$Pl \cdot CLd$	[€/d]	18,15
Quota oraria lubrificanti	COL	$COLd/g$	[€/h]	3,63
Quota giornaliera materiale rapido consumo (pneumatici, funi)	Rd	Ra/G	[€/d]	17,50
Quota oraria materiale rapido consumo (pneumatici, funi)	Ro	$Ra/n = Rd/g$	[€/h]	3,50
Totale costi variabili giornalieri	Cvd	$Rd + Md + COCd + COLd$	[€/d]	129,65
TOTALE COSTI VARIABILI ORARI	Cvo	Cvd/g	[€/h]	25,93
TOTALE COSTI ORARI MACCHINA		$Cfo + Cvo$	[€/h]	44,83

⁽¹⁾ Prezzo ottenuto come media ponderata tra quello dell'olio motore e quello dell'olio cambio.

Tabella 46 costi sminuzzatrice secondo Hippoliti, 1997

Sminuzzatrice secondo Hippoliti, 1997				
<i>Parametri di calcolo</i>	<i>Simboli</i>	<i>Formule</i>	<i>Unità</i>	
Valore a nuovo della macchina	Vt		€	30.000,00
Saggio d'interesse	r			0,03
Prezzo gasolio	Pc		€/l	0,00
Prezzo lubrificante ⁽¹⁾	Pl		€/l	11
Costo annuo materiali di rapido consumo	Ra		€/anno	750,00
Periodo di reintegra	N		anni	8
Durata tecnica	D		h	8.000
Coefficiente di riparazione	s			0,80
Spese varie (ass., ricovero, tasse, ecc...)	v		%	0,02
Parametro per il calcolo degli interessi	y			0,5
Consumo giornaliero carburante (gasolio)	CCd		l	
Consumo giornaliero lubrificante	CLd		l	1,1
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	$G \cdot g$	h/anno	452
COSTI FISSI				
Quota di reintegra annua	Aa	Vt/N	€/anno	3.750,00
Quota di reintegra oraria	Ao	Aa/n	€/h	8,30
Quota annua interessi sul capitale	Ia	$Vt \cdot y \cdot r$	€/anno	450,00
Quota oraria interessi sul capitale	Io	Ia/n	€/h	1,00
Quota annua spese varie	Sva	$Vt \cdot v$	€/anno	600,00
Quota oraria spese varie	Svo	Sva/n	€/h	1,33
Totale costi fissi annui	Cfa	$Aa + Ia + Sva$	€/anno	4.800,00
TOTALE COSTI FISSI ORARI	Cfo	Cfa/n	€/h	10,62
COSTI VARIABILI ORARI				
Quota giornaliera manutenzioni e riparazioni	Md	$(Vt/D) \cdot g \cdot s$	€/d	12,00
Quota oraria manutenzioni e riparazioni	Mo	Md/g	€/h	3,00
Quota giornaliera carburante (gasolio)	COCd	$Pc \cdot CCd$	€/d	0,00
Quota oraria carburante (gasolio)	COC	$COCd/g$	€/h	0,00
Quota giornaliera lubrificanti	COLd	$Pl \cdot CLd$	€/d	12,10
Quota oraria lubrificanti	COL	$COLd/g$	€/h	3,03
Quota giornaliera materiale rapido consumo (coltelli)	Rd	Ra/G	€/d	6,64
Quota oraria materiale rapido consumo (coltelli)	Ro	$Ra/n = Rd/g$	€/h	1,66
Totale costi variabili giornalieri	Cvd	$Rd + Md + COCd + COLd$	€/d	30,74
TOTALE COSTI VARIABILI ORARI	Cvo	Cvd/g	€/h	7,68
TOTALE COSTI ORARI MACCHINA		$Cfo + Cvo$	€/h	18,30

Per il calcolo del costo della manodopera ci si è basati su quanto esposto al capitolo precedente. Operaio specializzato 18 €/h e operaio generico 13 €/h. Stessa cosa è stata fatta per i costi riguardanti la sicurezza.

Sono stati calcolati i costi orari relativi a:

- casco protettivo completo di cuffie e visiera;
- salopette antitaglio;
- guanti protettivi;
- scarponi rinforzati con puntale in acciaio.

Tabella 47 Costi dei dispositivi di protezione individuale

Dispositivi di protezione individuale (DPI)				
	Casco	Salopette	Guanti	Scarpe
	[€/h]	[€/h]	[€/h]	[€/h]
Costi fissi orari	0,02	0,05	0,02	0,03
Costi variabili orari	0,01	0,04	0,02	0,03
Costi orari totali	0,03	0,09	0,04	0,06

Dalla tabella precedente possiamo osservare come i dispositivi di protezione individuale non influenzino in maniera cospicua il valore di costo orario di un'operazione, tuttavia non è possibile tralasciarne il calcolo, infatti, così facendo si andrebbe incontro ad una, anche se lieve, sottostima dei costi effettivi.

5.3.Area sperimentale n°2 – replica A

In questa area si eseguiva un intervento selvicolturale di taglio ceduo matricinato. L'orografia era caratterizzata da pendenza media del 50% e buona accessibilità. La replica analizzata prevedeva abbattimento con motosega. Le piante intere venivano concentrate ed esboscate con una gru a cavo leggera modello "SAVALL" con carrello semiautomatico. All'imposto le piante venivano allestite, in differenti assortimenti, dal tronco veniva allestita legna da ardere della lunghezza di 1 m, accatastata all'imposto e dai rami attraverso una sminuzzatrice a disco ad alimentazione manuale azionata dalla presa di potenza di un trattore, veniva prodotto dello sminuzzato.

5.3.1. Analisi dei tempi di lavoro

5.3.1.1. Abbattimento

Per quanto riguarda l'abbattimento in questo cantiere sono stati rilevati i seguenti tempi di lavoro:

1. Tempo di pulizia e spostamento;
2. Tempo di abbattimento.

Inoltre si sono registrati i tempi morti evitabili e i tempi morti inevitabili. Le operazioni di rilievo dei tempi di lavoro dell'abbattimento ed allestimento si riferiscono a due giornate lavorative.

Dall'analisi dei tempi, riportati nella sottostante tabella, si evince che il tempo medio di abbattimento è superiore, rispetto, all'altro tempo rilevato. Questo dato è spiegabile con il fatto che l'intervento preso in esame è assimilabile ad un primo diradamento, quindi la densità è molto vicina a quella iniziale, così la distanza tra una pianta e l'altra è molto esigua ed ha permesso di avere un tempo medio di spostamento non molto alto.

Il tempo medio di pulizia è inferiore sempre per lo stesso motivo, infatti trovandoci in un soprassuolo molto folto le chiome sono molto ravvicinate e non permettono il passaggio di grandi quantità di radiazione solare diretta, così la formazione di erbe o arbusti è stata minima, fenomeno che ha contribuito ad abbattere questo tempo di lavoro.

Le dimensioni delle piante hanno influito molto sul tempo di abbattimento, infatti con motoseghe di media potenza gli operatori riuscivano a tagliare le piante in maniera abbastanza rapida grazie ai diametri non troppo grandi dei fusti.

I tempi di lavoro rilevati nelle due giornate sono stati oggetto di indagine statistica con t-test per campioni indipendenti, il test per un numero di 271 cicli contenuti nelle 2 repliche non ha mostrato differenze significative ($p > 0,05$).

Tabella 48 Tempi di abbattimento (media $\pm$ deviazione standard)

Descrizione	Unità di misura	Valore
Operatori	n°	2
Macchine	n°	1
Piante	n°	462
Tempo Medio di Pulizia	min	0,19 $\pm$ 0,04
Tempo Medio di Abbattimento		0,31 $\pm$ 0,11
Tempo Morto Evitabile		11,46
Tempo Morto Inevitabile		57,37
Tempo Produttivo		287,87
Tempo Totale Lordo		299,33

Nel sottostante grafico a torta si mette in risalto la suddivisione, in percentuale, dei tempi di lavoro effettivi.

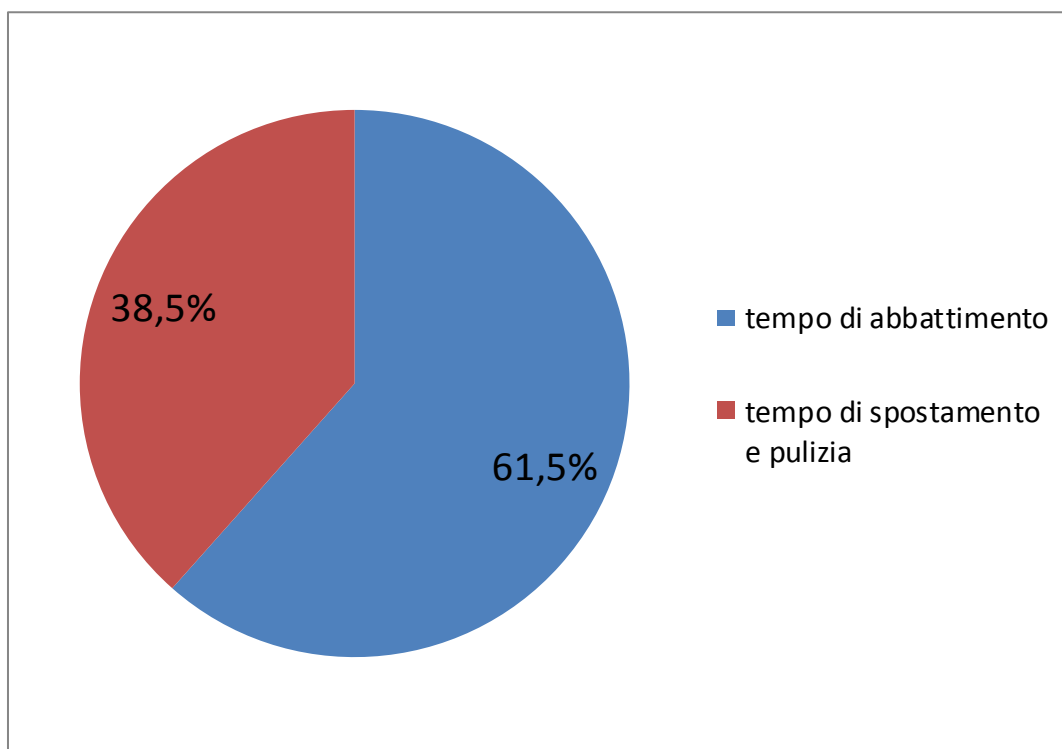


Grafico 6 Composizione percentuale dei tempi di lavoro effettivi

I Tempi Morti Evitabili sono composti esclusivamente dalla scarsa organizzazione dei lavori in bosco.

I Tempi Morti Inevitabili sono costituiti principalmente da solo 2 voci, pause fisiologiche che rappresentano il 46% dei TMI, e rifornimenti che rappresentano il 54% dei TMI.

Osservando da un punto di vista percentuale i tempi morti, si nota che i TME incidono sul tempo totale lordo del 4%, mentre i TMI influiscono su tempo totale lordo del 19%.

5.3.1.2. Concentramento ed esbosco

Per quanto riguarda il concentramento ed esbosco in questo cantiere si è proceduto con l'impiego di una gru a cavo leggera. Nello specifico sono stati rilevati i seguenti tempi di lavoro:

- 1) Tempo di spostamento carrello vuoto;
- 2) Tempo di discesa fune;
- 3) Tempo di aggancio;
- 4) Tempo di concentramento;
- 5) Tempo di esbosco;
- 6) Tempo di sgancio.

Inoltre si sono registrati i tempi morti evitabili e i tempi morti inevitabili e tra questi ultimi inseriti i tempi di coordinamento, montaggio e smontaggio della linea. Le operazioni di rilievo dei tempi di lavoro a due giornate lavorative.

Dall'analisi dei tempi, riportati nella sottostante tabella, si evince che il tempo medio di sgancio del carico è superiore, anche se di poco, agli altri tempi rilevati. Questo dato è spiegabile con il fatto che durante l'intervento preso in esame alcune volte il carico non si è sganciato automaticamente dal carrello forse per poca manutenzione da parte del proprietario della Savall.

Il tempo medio di aggancio è il secondo tempo superiore, infatti trovandoci in una particella ad elevata pendenza gli operatori impiegavano tempo per spostarsi all'interno della particella ed agganciare le piante alla fune del carrello.

Le dimensioni delle piante hanno influito molto sul tempo di concentramento e di esbosco, infatti con piante di piccole dimensioni gli operatori riuscivano a formare un carico di più piante in maniera abbastanza rapida e queste venivano esboscate abbastanza agevolmente senza sforzi da parte della fune traente né danni al soprassuolo rimanente.

I tempi di lavoro rilevati nelle due giornate sono stati oggetto di indagine statistica con t-test per campioni indipendenti, il test per un numero di 123 cicli contenuti nelle 2 repliche non ha mostrato differenze significative ($p > 0,05$).

Tabella 49 Tempi di concentramento ed esbosco (media $\pm$ deviazione standard)

Descrizione	Unità di misura	Valore
Operatori	n°	5
Macchine	n°	2
Viaggi	n°	123
Media pezzi a viaggio	n°	8
Distanza media a viaggio	m	34
Massa media fresca pianta	kg	60,5
Tempo Medio discesa fune	min	0,39 $\pm$ 0,04
Tempo Medio di aggancio		0,56 $\pm$ 0,12
Tempo medio di concentramento		0,40 $\pm$ 0,04
Tempo medio di esbosco		0,41 $\pm$ 0,10
Tempo medio di sgancio		0,76 $\pm$ 0,12
Tempo Morto Evitabile		41,79
Tempo Morto Inevitabile		386,95
Tempo Produttivo		769,15
Tempo Totale Lordo		810,94

Nel sottostante grafico a torta si mette in risalto la suddivisione, in percentuale, dei tempi di lavoro effettivi.

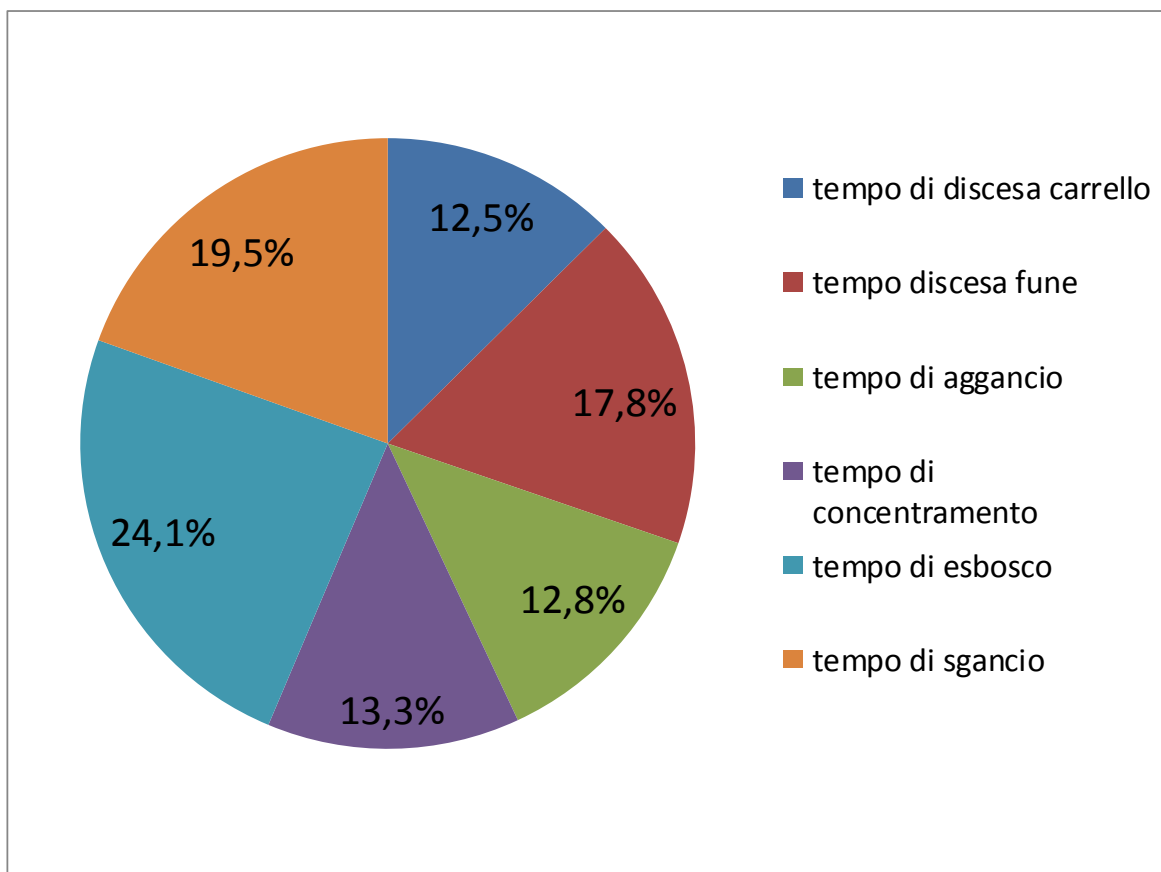


Grafico 7 Composizione percentuale dei tempi di lavoro effettivi

I Tempi Morti Evitabili sono composti principalmente dalla scarsa organizzazione dei lavori in bosco.

I Tempi Morti Inevitabili sono costituiti principalmente da solo 3 voci, pause fisiologiche che rappresentano il 10% dei TMI, rifornimenti che rappresentano il 16% dei TMI e tempi di montaggio, smontaggio e logistica della linea 74% dei TMI.

Osservando da un punto di vista percentuale i tempi morti, si nota che i TME incidono sul tempo totale lordo del 5%, mentre i TMI influiscono su tempo totale lordo del 48%.

5.3.1.3. Allestimento

Per quanto riguarda l'allestimento considerato come sramatura, sezionatura, sminuzzatura della ramaglia ed accatastamento in questo cantiere sono stati rilevati i seguenti tempi di lavoro:

- 1) Tempo di sramatura;
- 2) Tempo di sezionatura;
- 3) Tempo di accatastamento;
- 4) Tempo di sminuzzatura.

Inoltre si sono registrati i tempi morti evitabili e i tempi morti inevitabili. Le operazioni di rilievo dei tempi di lavoro a due giornate lavorative.

Dall'analisi dei tempi, riportati nella sottostante tabella, si evince che il tempo medio di sramatura è il più basso, rispetto, agli altri tempi rilevati. Questo dato è spiegabile con il fatto che l'intervento preso in esame è assimilabile ad un primo diradamento, quindi la densità è molto vicina a quella iniziale di sesto d'impianto, così la ramosità tra una pianta e l'altra è molto poco accentuata ed ha permesso di avere un tempo medio di allestimento non molto alto.

Le dimensioni delle piante hanno influito molto sul tempo di accatastamento, della legna da ardere, infatti con materiale di piccole dimensioni gli operatori impiegavano un tempo sensibilmente maggiore nella formazione della catasta.

Il tempo medio di sminuzzatura è superiore sempre per lo stesso motivo, infatti le dimensioni minime del materiale da sminuzzare hanno fatto aumentare il tempo che l'operatore impiegava a raccogliere a mano la ramaglia e a formare una massa sufficiente da poter essere spinta nella bocca della sminuzzatrice per essere tritурata.

I tempi di lavoro rilevati nelle due giornate sono stati oggetto di indagine statistica con t-test per campioni indipendenti, il test per un numero di 15 cicli contenuti nelle 2 repliche non ha mostrato differenze significative ($p > 0,05$).

Tabella 50 Tempi di allestimento (media $\pm$ deviazione standard)

Descrizione	Unità di misura	Valore
Operatori	n°	2
Macchine	n°	3
Piante	n°	167
Massa media fresca pianta	kg	71,7
Tempo Medio di sramatura	min	0,33 $\pm$ 0,07
Tempo Medio di sezionatura		0,59 $\pm$ 0,12
Tempo medio di accatastamento		0,82 $\pm$ 0,10
Tempo medio di sminuzzatura		0,84 $\pm$ 0,18
Tempo Morto Evitabile		2,65
Tempo Morto Inevitabile		163,78
Tempo Produttivo		595,24
Tempo Totale Lordo		597,89

Nel sottostante grafico a torta si mette in risalto la suddivisione, in percentuale, dei tempi di lavoro effettivi.

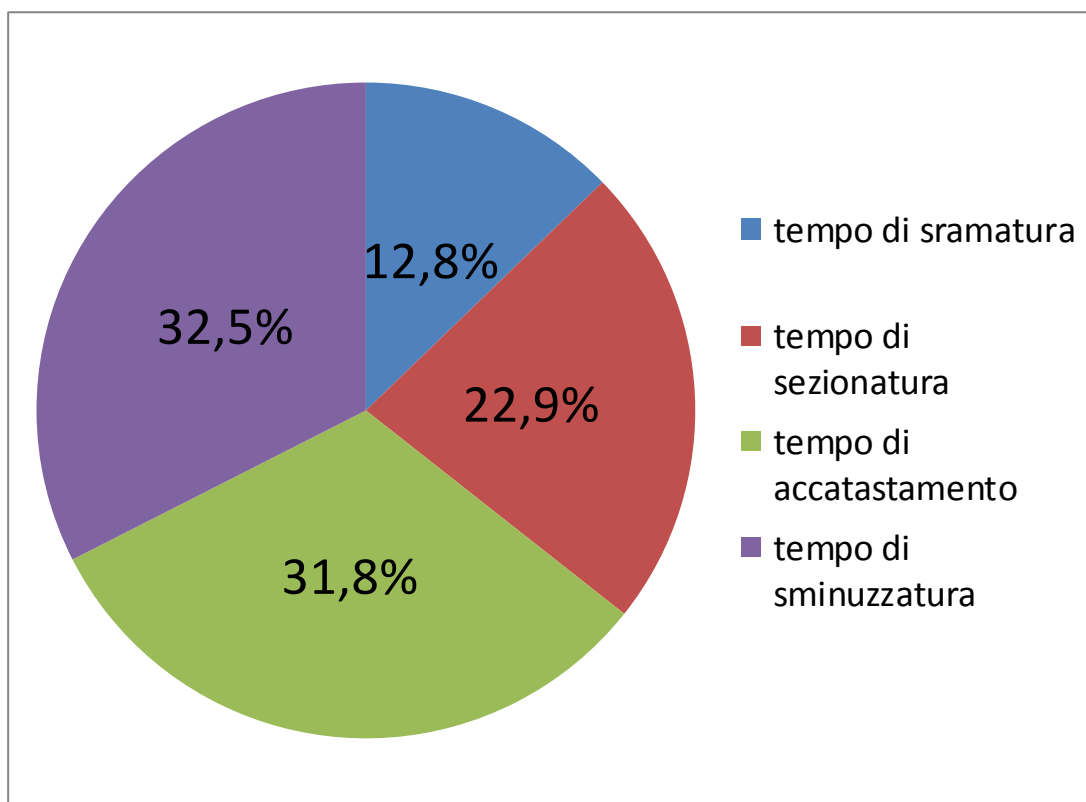


Grafico 8 Composizione percentuale dei tempi di lavoro effettivi

I Tempi Morti Evitabili sono composti principalmente dalla scarsa organizzazione dei lavori in bosco.

I Tempi Morti Inevitabili sono costituiti principalmente da solo 2 voci, pause fisiologiche che rappresentano il 22% dei TMI, e rifornimenti che rappresentano il 78% dei TMI.

Osservando da un punto di vista percentuale i tempi morti, si nota che i TME incidono sul tempo totale lordo del 0,5%, mentre i TMI influiscono su tempo totale lordo del 27%.

5.3.2. Produttività di lavoro

Rifacendosi ai tempi di lavoro, volume e massa, per ogni cantiere forestale preso in esame, è stata calcolata la produttività media oraria per ogni operaio nel cantiere, determinando la produttività media lorda (PHS_{15} productivity) e la produttività media netta (PHS_0 productivity).

Le produttività sono state calcolate in due unità di misura differenti sulla base dei differenti dati di partenza:

- $t_{u35\%} \cdot h^{-1} \text{ operaio}^{-1}$, cioè la produttività, in tonnellate di legno ad una umidità corrispondente a quella di raccolta (e di volta in volta specificata), per ogni ora di lavoro di un singolo operaio;

- $t_{s,s}.h^{-1}operaio^{-1}$, cioè la produttività, in tonnellate di legno allo stato anidro, per ogni ora di lavoro di ogni singolo operaio.

5.3.2.1. *Abbattimento*

In questo cantiere la produttività durante l'operazione di abbattimento denota valori con pochi margini di miglioramento, in quanto si denotano pochi tempi morti evitabili che influenzano la produttività finale.

Tabella 51 Produttività nell'operazione di abbattimento riferita alla squadra di lavoro di due operatori

Descrizione	Unità di misura	Valore
PHS₁₅	$t_{u35\%}.h^{-1}operaio^{-1}$	3,23
	$t_{s,s}.h^{-1}operaio^{-1}$	2,10
PHS₀	$t_{u35\%}.h^{-1}operaio^{-1}$	3,64
	$t_{s,s}.h^{-1}operaio^{-1}$	2,36

5.3.2.2. *Concentramento ed esbosco*

In questo cantiere la produttività durante l'operazione di concentramento ed esbosco denota valori con piccoli margini di miglioramento, in quanto si denotano bassi tempi morti evitabili che influenzano la produttività finale.

Tabella 52 Produttività nell'operazione di concentramento ed esbosco riferita alla squadra di lavoro di tre operatori

Descrizione	Unità di misura	Valore
PHS₁₅	$t_{u35\%}.h^{-1}operaio^{-1}$	0,39
	$t_{s,s}.h^{-1}operaio^{-1}$	0,26
PHS₀	$t_{u35\%}.h^{-1}operaio^{-1}$	0,76
	$t_{s,s}.h^{-1}operaio^{-1}$	0,49

5.3.2.3. *Allestimento*

In questo cantiere la produttività durante l'operazione di allestimento denota valori con piccoli margini di miglioramento, in quanto si denotano bassi tempi morti evitabili che influenzano la produttività finale.

Tabella 53 Produttività nell'operazione di allestimento riferita alla squadra di lavoro di due operatori

Descrizione	Unità di misura	Valore
-------------	-----------------	--------

PHS₁₅	$t_{u35\%} \cdot h^{-1} \text{operaio}^{-1}$	0,72
	$t_{s,s} \cdot h^{-1} \text{operaio}^{-1}$	0,47
PHS₀	$t_{u35\%} \cdot h^{-1} \text{operaio}^{-1}$	0,83
	$t_{s,s} \cdot h^{-1} \text{operaio}^{-1}$	0,54

5.3.3. Analisi energetica

Utilizzando la metodologia di calcolo della richiesta lorda di energia (GER), illustrata precedentemente nel capitolo delle metodologie di ricerca, si è redatta la richiesta energetica dei cantieri presi in esame in questo studio.

5.3.3.1. Abbattimento

Le analisi energetiche condotte per l'operazione di abbattimento hanno riguardato nello specifico le analisi dell'unica macchina impiegata in questa operazione la motosega.

Tabella 54 Tabella analitica delle macchine impiegate per il calcolo degli input energetici

	Motosega per abbattimento
Massa (kg)	6,5
Durata tecnica (h)	2000
Modello	Husqvarna
Potenza (kW)	2,7
Input (MJ·kg⁻¹)	153,07
Consumo specifico (kg ·kW⁻¹ ·h⁻¹)	0,35

Una volta evidenziati i valori caratteristici dell'impiego di questa macchina, si è provveduto a farli interagire con i tempi effettivi di impiego sul cantiere e le quantità di legno utilizzato durante l'utilizzazione.

Tabella 55 Input in MJ/ts.s. rilevati per l'operazione di abbattimento

Input in MJ/t_{s.s.}			
	Input diretti	Input indiretti	Input totali
Area 2A	45,4	0,2	45,6

5.3.3.2. Concentramento ed esbosco

Le analisi energetiche condotte per l'operazione di concentramento ed esbosco hanno riguardato nello specifico le analisi delle macchine impiegate in questa operazione la gru a cavo e il trattore agricolo.

Tabella 56 Tabella analitica delle macchine impiegate per il calcolo degli input energetici

	Trattore
Massa (t)	1,9
Durata tecnica (h)	10000
Modello	Landini vision 105
Potenza (kW)	72,5
Input (MJ·kg⁻¹)	130,12
Consumo specifico (kg ·kW⁻¹ ·h⁻¹)	0,25

Tabella 57 Tabella analitica dell'impianto di gru a cavo SAVALL impiegato per il calcolo degli input energetici

	Gru a cavo
Massa (t)	1,1
Durata tecnica (h)	10000
Modello	SAVALL
Potenza richiesta (kW)	25
Input (MJ·kg⁻¹)	69,10

Una volta evidenziati i valori caratteristici dell'impiego di questa macchina, si è provveduto a farli interagire con i tempi effettivi di impiego sul cantiere e le quantità di legno utilizzato durante l'utilizzazione.

Tabella 58 Input in MJ/ts.s. rilevati per l'operazione di concentramento ed esbosco

Input in MJ/t_{s.s.}			
	Input diretti	Input indiretti	Input totali
Area 2A	292,6	30,3	322,9

5.3.3.3. Allestimento Le analisi energetiche condotte per l'operazione di allestimento hanno riguardato nello specifico le analisi delle macchine impiegate, una motosega, una sminuzzatrice ed un trattore agricolo.

Tabella 59 Tabella analitica delle macchine impiegate per il calcolo degli input energetici

	Motosega per allestimento
Massa (kg)	6,5
Durata tecnica (h)	2000
Modello	Husqvarna
Potenza (kW)	2,7
Input (MJ·kg⁻¹)	153,07
Consumo specifico (kg ·kW⁻¹ ·h⁻¹)	0,35

Tabella 60 Tabella analitica delle macchine impiegate per il calcolo degli input energetici

	Trattore
Massa (t)	1,9
Durata tecnica (h)	10000
Modello	Landini vision 105
Potenza (kW)	72,5
Input (MJ·kg⁻¹)	130,12
Consumo specifico (kg ·kW⁻¹ ·h⁻¹)	0,25

Tabella 61 Tabella analitica delle macchine impiegate per il calcolo degli input energetici

	Sminuzzatrice
Massa (t)	0,6
Durata tecnica (h)	10000
Modello	Green Produzione CIP1500
Potenza richiesta (kW)	30
Input (MJ·kg⁻¹)	65,35

Una volta evidenziati i valori caratteristici dell'impiego di queste macchine, si è provveduto a farli interagire con i tempi effettivi di impiego sul cantiere e le quantità di legno utilizzato durante l'utilizzazione.

Tabella 62 Input in MJ/ts.s. rilevati per l'operazione di allestimento

Input in MJ/t_{s.s.}			
	Input diretti	Input indiretti	Input totali
Area 2A	76,5	0,1	76,6

5.3.4. Analisi dei costi di utilizzazione

Per ogni operazione di utilizzazione sono stati calcolati i costi delle macchine utilizzate in base alla metodologia Hippoliti (1997).

5.3.4.1. Abbattimento

Riguardo l'abbattimento si è proceduto al calcolo dei costi orari della motosega Husqvarna 346XP utilizzata.

Tabella 63 costi motosega secondo Hippoliti, 1997

<i>Parametri di calcolo</i>	<i>Simboli</i>	<i>Formule</i>	<i>Unità</i>	
Valore a nuovo della macchina	Vt		[€]	882,00
Saggio di interesse	r			0,03
Prezzo combustibile	Pc		[€/l]	2,00
Prezzo lubrificante	Pl		[€/l]	1,80
Costo annuo materiali di rapido consumo	Ra		[€/anno]	350,00
Periodo di reintegra	N		[anni]	3
Durata tecnica	D		[h]	2.000
Coefficiente di riparazione	s			0,7
Percentuale spese varie (ass., rimessa, ecc...)	v		[%]	0,00
Parametro per il calcolo degli interessi	y			0,5
Consumo giornaliero carburante (miscela)	CCd		[l]	4,0
Consumo giornaliero lubrificante	CLd		[l]	2,0
Ore effettive di impiego al giorno	g		[h/d]	5
Giorni effettivi di impiego all'anno	G		[d/anno]	120
Ore effettive di impiego all'anno	n	$G \cdot g$	[h/anno]	600
COSTI FISSI				
Quota di reintegra annua	Aa	Vt/N	[€/anno]	294,00
Quota di reintegra oraria	Ao	Aa/n	[€/h]	0,49
Quota annua interessi sul capitale	Ia	$Vt \cdot y \cdot r$	[€/anno]	13,23
Quota oraria interessi sul capitale	Io	Ia/n	[€/h]	0,02
Quota annua spese varie	Sva	$Vt \cdot v$	[€/anno]	0,00
Quota oraria spese varie	Svo	Sva/n	[€/h]	0,00
Totale costi fissi annui	Cfa	$Aa + Ia + Sva$	[€/anno]	307,23
TOTALE COSTI FISSI ORARI	Cfo	Cfa/n	[€/h]	0,51
COSTI VARIABILI ORARI				
Quota giornaliera materiale rapido consumo	Rd	Ra/G	[€/d]	2,92
Quota oraria materiale rapido consumo	Ro	$Ra/n = Rd/g$	[€/h]	0,58
Quota giornaliera manutenzioni e riparazioni	Md	$(Vt/D) \cdot g \cdot s$	[€/d]	1,54
Quota oraria manutenzioni e riparazioni	Mo	Md/g	[€/h]	0,31
Quota giornaliera carburante (miscela)	COCd	$Pc \cdot CCd$	[€/d]	8,00
Quota oraria carburante (miscela)	COC	$COCd/g$	[€/h]	1,60
Quota giornaliera lubrificanti	COLd	$Pl \cdot CLd$	[€/d]	3,60
Quota oraria lubrificanti	COL	$COLd/g$	[€/h]	0,72
Totale costi variabili giornalieri	Cvd	$Rd + Md + COCd + COLd$	[€/d]	16,06
TOTALE COSTI VARIABILI ORARI	Cvo	$Ro + Mo + COC + COL$	[€/h]	3,21
TOTALE COSTI ORARI MACCHINA		$Cfo + Cvo$	[€/h]	3,72

Per il calcolo del costo della manodopera ci si è basati su quanto esposto al capitolo precedente. Operaio specializzato 18 €/h e operaio generico 13 €/h. Stessa cosa è stata fatta per i costi riguardanti la sicurezza.

Sono stati calcolati i costi orari relativi a:

- casco protettivo completo di cuffie e visiera;
- salopette antitaglio;
- guanti protettivi;
- scarponi rinforzati con puntale in acciaio.

Tabella 64 Costi dei dispositivi di protezione individuale

Dispositivi di protezione individuale (DPI)				
	Casco	Salopette	Guanti	Scarpe
	[€/h]	[€/h]	[€/h]	[€/h]
Costi fissi orari	0,02	0,05	0,02	0,03
Costi variabili orari	0,01	0,04	0,02	0,03
Costi orari totali	0,03	0,09	0,04	0,06

Dalla tabella precedente possiamo osservare come i dispositivi di protezione individuale non influenzino in maniera cospicua il valore di costo orario di un'operazione, tuttavia non è possibile tralasciarne il calcolo, infatti, così facendo si andrebbe incontro ad una, anche se lieve, sottostima dei costi effettivi.

5.3.4.2. Concentramento ed esbosco

Riguardo il concentramento ed esbosco si è proceduto al calcolo dei costi orari dell'impianto di gru a cavo.

Tabella 65 Costi trattore secondo Hippoliti, 1997

<i>Parametri di calcolo</i>	<i>Simboli</i>	<i>Formule</i>	<i>Unità</i>	
Valore a nuovo della macchina	Vt		[€]	70.000,00
Saggio d'interesse	r			0,03
Prezzo gasolio	Pc		[€/l]	1,20
Prezzo lubrificante ⁽¹⁾	Pl		[€/l]	11,00
Costo annuo materiali di rapido consumo (pneumatici, funi)	Ra		[€/anno]	1.750,00
Periodo di reintegra	N		[anni]	10
Durata tecnica	D		[h]	10.000
Coefficiente di riparazione	s			0,80
Spese varie (ass., ricovero, tasse, ecc...)	v		[%]	0,02
Parametro per il calcolo degli interessi	y			0,5
Consumo giornaliero carburante (gasolio)	CCd		[l]	55,0
Consumo giornaliero lubrificante	CLd		[l]	1,7
Ore effettive di impiego al giorno	g		[h/d]	5
Giorni effettivi di impiego all'anno	G		[d/anno]	100
Ore effettive di impiego all'anno	n	$G \cdot g$	[h/anno]	500
COSTI FISSI				
Quota di reintegra annua	Aa	Vt/N	[€/anno]	7.000,00
Quota di reintegra oraria	Ao	Aa/n	[€/h]	14,00
Quota annua interessi sul capitale	Ia	$Vt \cdot y \cdot r$	[€/anno]	1.050,00
Quota oraria interessi sul capitale	Io	Ia/n	[€/h]	2,10
Quota annua spese varie	Sva	$Vt \cdot v$	[€/anno]	1.400,00
Quota oraria spese varie	Svo	Sva/n	[€/h]	2,80
Totale costi fissi annui	Cfa	$Aa + Ia + Sva$	[€/anno]	9.450,00
TOTALE COSTI FISSI ORARI	Cfo	Cfa/n	[€/h]	18,90
COSTI VARIABILI ORARI				
Quota giornaliera manutenzioni e riparazioni	Md	$(Vt/D) \cdot g \cdot s$	[€/d]	28,00
Quota oraria manutenzioni e riparazioni	Mo	Md/g	[€/h]	5,60
Quota giornaliera carburante (gasolio)	COCd	$Pc \cdot CCd$	[€/d]	66,00
Quota oraria carburante (gasolio)	COC	$COCd/g$	[€/h]	13,20
Quota giornaliera lubrificanti	COLd	$Pl \cdot CLd$	[€/d]	18,15
Quota oraria lubrificanti	COL	$COLd/g$	[€/h]	3,63
Quota giornaliera materiale rapido consumo (pneumatici, funi)	Rd	Ra/G	[€/d]	17,50
Quota oraria materiale rapido consumo (pneumatici, funi)	Ro	$Ra/n = Rd/g$	[€/h]	3,50
Totale costi variabili giornalieri	Cvd	$Rd + Md + COCd + COLd$	[€/d]	129,65
TOTALE COSTI VARIABILI ORARI	Cvo	Cvd/g	[€/h]	25,93
TOTALE COSTI ORARI MACCHINA		$Cfo + Cvo$	[€/h]	44,83

⁽¹⁾ Prezzo ottenuto come media ponderata tra quello dell'olio motore e quello dell'olio cambio.

Tabella 66 Costi impianto di gru a cavo secondo Hippoliti, 1997

Impianto di gru a cavo completo modello SAVALL secondo Hippoliti, 1997				
<i>Parametri di calcolo</i>	<i>Simboli</i>	<i>Formule</i>	<i>Unità</i>	
Valore a nuovo della macchina	Vt		€	38.000,00
Saggio d'interesse	r			0,03
Prezzo gasolio	Pc		€/l	
Prezzo lubrificante ⁽¹⁾	Pl		€/l	
Costo annuo materiali di rapido consumo (pneumatici, funi)	Ra		€/anno	800,00
Periodo di reintegra	N		anni	10
Durata tecnica	D		h	10.000
Coefficiente di riparazione	s			0,80
Spese varie (ass., ricovero, tasse, ecc...)	v		%	0,02
Parametro per il calcolo degli interessi	y			0,5
Consumo giornaliero carburante (gasolio)	CCd		l	0
Consumo giornaliero lubrificante	CLd		l	0,0
Ore effettive di impiego al giorno	g		h/d	5
Giorni effettivi di impiego all'anno	G		d/anno	100
Ore effettive di impiego all'anno	n	$G \cdot g$	h/anno	500
COSTI FISSI				
Quota di reintegra annua	Aa	Vt/N	€/anno	3.800,00
Quota di reintegra oraria	Ao	Aa/n	€/h	7,60
Quota annua interessi sul capitale	Ia	$Vt \cdot y \cdot r$	€/anno	570,00
Quota oraria interessi sul capitale	Io	Ia/n	€/h	1,14
Quota annua spese varie	Sva	$Vt \cdot v$	€/anno	760,00
Quota oraria spese varie	Svo	Sva/n	€/h	1,52
Totale costi fissi annui	Cfa	$Aa + Ia + Sva$	€/anno	5.130,00
TOTALE COSTI FISSI ORARI	Cfo	Cfa/n	€/h	10,26
COSTI VARIABILI ORARI				
Quota giornaliera manutenzioni e riparazioni	Md	$(Vt/D) \cdot g \cdot s$	€/d	15,20
Quota oraria manutenzioni e riparazioni	Mo	Md/g	€/h	3,04
Quota giornaliera carburante (gasolio)	COCd	$Pc \cdot CCd$	€/d	0,00
Quota oraria carburante (gasolio)	COC	$COCd/g$	€/h	0,00
Quota giornaliera lubrificanti	COLd	$Pl \cdot CLd$	€/d	0,00
Quota oraria lubrificanti	COL	$COLd/g$	€/h	0,00
Quota giornaliera materiale rapido consumo (pneumatici, funi)	Rd	Ra/G	€/d	8,00
Quota oraria materiale rapido consumo (pneumatici, funi)	Ro	$Ra/n = Rd/g$	€/h	1,60
Totale costi variabili giornalieri	Cvd	$Rd + Md + COCd + COLd$	€/d	23,20
TOTALE COSTI VARIABILI ORARI	Cvo	Cvd/g	€/h	4,64
TOTALE COSTI ORARI MACCHINA		$Cfo + Cvo$	€/h	14,90

Per il calcolo del costo della manodopera ci si è basati su quanto esposto al capitolo precedente. Operaio specializzato 18 €/h e operaio generico 13 €/h. Stessa cosa è stata fatta per i costi riguardanti la sicurezza.

Sono stati calcolati i costi orari relativi a:

- casco protettivo completo di cuffie e visiera;
- guanti protettivi;
- scarponi rinforzati con puntale in acciaio.

Tabella 67 Costi dei dispositivi di protezione individuale.

Dispositivi di protezione individuale (DPI)			
	Casco	Guanti	Scarpe
	[€/h]	[€/h]	[€/h]
Costi fissi orari	0,02	0,02	0,03
Costi variabili orari	0,01	0,02	0,03
Costi orari totali	0,03	0,04	0,06

Dalla tabella precedente possiamo osservare come i dispositivi di protezione individuale non influenzino in maniera cospicua il valore di costo orario di un'operazione, tuttavia non è possibile tralasciarne il calcolo, infatti, così facendo si andrebbe incontro ad una, anche se lieve, sottostima dei costi effettivi.

5.3.4.3. Allestimento

Riguardo l'allestimento si è proceduto al calcolo dei costi orari delle macchine impiegate.

Tabella 68 costi motosega secondo Hippoliti, 1997

<i>Parametri di calcolo</i>	<i>Simboli</i>	<i>Formule</i>	<i>Unità</i>	
Valore a nuovo della macchina	Vt		[€]	882,00
Saggio di interesse	r			0,03
Prezzo combustibile	Pc		[€/l]	2,00
Prezzo lubrificante	Pl		[€/l]	1,80
Costo annuo materiali di rapido consumo	Ra		[€/anno]	350,00
Periodo di reintegra	N		[anni]	3
Durata tecnica	D		[h]	2.000
Coefficiente di riparazione	s			0,7
Percentuale spese varie (ass., rimessa, ecc...)	v		[%]	0,00
Parametro per il calcolo degli interessi	y			0,5
Consumo giornaliero carburante (miscela)	CCd		[l]	4,0
Consumo giornaliero lubrificante	CLd		[l]	2,0
Ore effettive di impiego al giorno	g		[h/d]	5
Giorni effettivi di impiego all'anno	G		[d/anno]	120
Ore effettive di impiego all'anno	n	$G \cdot g$	[h/anno]	600
COSTI FISSI				
Quota di reintegra annua	Aa	Vt/N	[€/anno]	294,00
Quota di reintegra oraria	Ao	Aa/n	[€/h]	0,49
Quota annua interessi sul capitale	Ia	$Vt \cdot y \cdot r$	[€/anno]	13,23
Quota oraria interessi sul capitale	Io	Ia/n	[€/h]	0,02
Quota annua spese varie	Sva	$Vt \cdot v$	[€/anno]	0,00
Quota oraria spese varie	Svo	Sva/n	[€/h]	0,00
Totale costi fissi annui	Cfa	$Aa + Ia + Sva$	[€/anno]	307,23
TOTALE COSTI FISSI ORARI	Cfo	Cfa/n	[€/h]	0,51
COSTI VARIABILI ORARI				
Quota giornaliera materiale rapido consumo	Rd	Ra/G	[€/d]	2,92
Quota oraria materiale rapido consumo	Ro	$Ra/n = Rd/g$	[€/h]	0,58
Quota giornaliera manutenzioni e riparazioni	Md	$(Vt/D) \cdot g \cdot s$	[€/d]	1,54
Quota oraria manutenzioni e riparazioni	Mo	Md/g	[€/h]	0,31
Quota giornaliera carburante (miscela)	COCd	$Pc \cdot CCd$	[€/d]	8,00
Quota oraria carburante (miscela)	COC	$COCd/g$	[€/h]	1,60
Quota giornaliera lubrificanti	COLd	$Pl \cdot CLd$	[€/d]	3,60
Quota oraria lubrificanti	COL	$COLd/g$	[€/h]	0,72
Totale costi variabili giornalieri	Cvd	$Rd + Md + COCd + COLd$	[€/d]	16,06
TOTALE COSTI VARIABILI ORARI	Cvo	$Ro + Mo + COC + COL$	[€/h]	3,21
TOTALE COSTI ORARI MACCHINA		$Cfo + Cvo$	[€/h]	3,72

Tabella 69 costi trattore agricolo secondo Hippoliti, 1997

<i>Parametri di calcolo</i>	<i>Simboli</i>	<i>Formule</i>	<i>Unità</i>	
Valore a nuovo della macchina	Vt		[€]	70.000,00
Saggio d'interesse	r			0,03
Prezzo gasolio	Pc		[€/l]	1,20
Prezzo lubrificante ⁽¹⁾	Pl		[€/l]	11,00
Costo annuo materiali di rapido consumo (pneumatici, funi)	Ra		[€/anno]	1.750,00
Periodo di reintegra	N		[anni]	10
Durata tecnica	D		[h]	10.000
Coefficiente di riparazione	s			0,80
Spese varie (ass., ricovero, tasse, ecc...)	v		[%]	0,02
Parametro per il calcolo degli interessi	y			0,5
Consumo giornaliero carburante (gasolio)	CCd		[l]	55,0
Consumo giornaliero lubrificante	CLd		[l]	1,7
Ore effettive di impiego al giorno	g		[h/d]	5
Giorni effettivi di impiego all'anno	G		[d/anno]	100
Ore effettive di impiego all'anno	n	$G \cdot g$	[h/anno]	500
COSTI FISSI				
Quota di reintegra annua	Aa	Vt/N	[€/anno]	7.000,00
Quota di reintegra oraria	Ao	Aa/n	[€/h]	14,00
Quota annua interessi sul capitale	Ia	$Vt \cdot y \cdot r$	[€/anno]	1.050,00
Quota oraria interessi sul capitale	Io	Ia/n	[€/h]	2,10
Quota annua spese varie	Sva	$Vt \cdot v$	[€/anno]	1.400,00
Quota oraria spese varie	Svo	Sva/n	[€/h]	2,80
Totale costi fissi annui	Cfa	$Aa + Ia + Sva$	[€/anno]	9.450,00
TOTALE COSTI FISSI ORARI	Cfo	Cfa/n	[€/h]	18,90
COSTI VARIABILI ORARI				
Quota giornaliera manutenzioni e riparazioni	Md	$(Vt/D) \cdot g \cdot s$	[€/d]	28,00
Quota oraria manutenzioni e riparazioni	Mo	Md/g	[€/h]	5,60
Quota giornaliera carburante (gasolio)	COCd	$Pc \cdot CCd$	[€/d]	66,00
Quota oraria carburante (gasolio)	COC	$COCd/g$	[€/h]	13,20
Quota giornaliera lubrificanti	COLd	$Pl \cdot CLd$	[€/d]	18,15
Quota oraria lubrificanti	COL	$COLd/g$	[€/h]	3,63
Quota giornaliera materiale rapido consumo (pneumatici, funi)	Rd	Ra/G	[€/d]	17,50
Quota oraria materiale rapido consumo (pneumatici, funi)	Ro	$Ra/n = Rd/g$	[€/h]	3,50
Totale costi variabili giornalieri	Cvd	$Rd + Md + COCd + COLd$	[€/d]	129,65
TOTALE COSTI VARIABILI ORARI	Cvo	Cvd/g	[€/h]	25,93
TOTALE COSTI ORARI MACCHINA		$Cfo + Cvo$	[€/h]	44,83

⁽¹⁾ Prezzo ottenuto come media ponderata tra quello dell'olio motore e quello dell'olio cambio.

Tabella 70 costi sminuzzatrice secondo Hippoliti, 1997

Sminuzzatrice secondo Hippoliti, 1997				
<i>Parametri di calcolo</i>	<i>Simboli</i>	<i>Formule</i>	<i>Unità</i>	
Valore a nuovo della macchina	Vt		€	30.000,00
Saggio d'interesse	r			0,03
Prezzo gasolio	Pc		€/l	0,00
Prezzo lubrificante ⁽¹⁾	Pl		€/l	11
Costo annuo materiali di rapido consumo	Ra		€/anno	750,00
Periodo di reintegra	N		anni	8
Durata tecnica	D		h	8.000
Coefficiente di riparazione	s			0,80
Spese varie (ass., ricovero, tasse, ecc...)	v		%	0,02
Parametro per il calcolo degli interessi	y			0,5
Consumo giornaliero carburante (gasolio)	CCd		l	
Consumo giornaliero lubrificante	CLd		l	1,1
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	$G \cdot g$	h/anno	452
COSTI FISSI				
Quota di reintegra annua	Aa	Vt/N	€/anno	3.750,00
Quota di reintegra oraria	Ao	Aa/n	€/h	8,30
Quota annua interessi sul capitale	Ia	$Vt \cdot y \cdot r$	€/anno	450,00
Quota oraria interessi sul capitale	Io	Ia/n	€/h	1,00
Quota annua spese varie	Sva	$Vt \cdot v$	€/anno	600,00
Quota oraria spese varie	Svo	Sva/n	€/h	1,33
Totale costi fissi annui	Cfa	$Aa + Ia + Sva$	€/anno	4.800,00
TOTALE COSTI FISSI ORARI	Cfo	Cfa/n	€/h	10,62
COSTI VARIABILI ORARI				
Quota giornaliera manutenzioni e riparazioni	Md	$(Vt/D) \cdot g \cdot s$	€/d	12,00
Quota oraria manutenzioni e riparazioni	Mo	Md/g	€/h	3,00
Quota giornaliera carburante (gasolio)	COCd	$Pc \cdot CCd$	€/d	0,00
Quota oraria carburante (gasolio)	COC	$COCd/g$	€/h	0,00
Quota giornaliera lubrificanti	COLd	$Pl \cdot CLd$	€/d	12,10
Quota oraria lubrificanti	COL	$COLd/g$	€/h	3,03
Quota giornaliera materiale rapido consumo (coltelli)	Rd	Ra/G	€/d	6,64
Quota oraria materiale rapido consumo (coltelli)	Ro	$Ra/n = Rd/g$	€/h	1,66
Totale costi variabili giornalieri	Cvd	$Rd + Md + COCd + COLd$	€/d	30,74
TOTALE COSTI VARIABILI ORARI	Cvo	Cvd/g	€/h	7,68
TOTALE COSTI ORARI MACCHINA		$Cfo + Cvo$	€/h	18,30

Per il calcolo del costo della manodopera ci si è basati su quanto esposto al capitolo precedente. Operaio specializzato 18 €/h e operaio generico 13 €/h. Stessa cosa è stata fatta per i costi riguardanti la sicurezza.

Sono stati calcolati i costi orari relativi a:

- casco protettivo completo di cuffie e visiera;
- salopette antitaglio;
- guanti protettivi;
- scarponi rinforzati con puntale in acciaio.

Tabella 71 Costi dei dispositivi di protezione individuale

Dispositivi di protezione individuale (DPI)				
	Casco	Salopette	Guanti	Scarpe
	[€/h]	[€/h]	[€/h]	[€/h]
Costi fissi orari	0,02	0,05	0,02	0,03
Costi variabili orari	0,01	0,04	0,02	0,03
Costi orari totali	0,03	0,09	0,04	0,06

Dalla tabella precedente possiamo osservare come i dispositivi di protezione individuale non influenzino in maniera cospicua il valore di costo orario di un'operazione, tuttavia non è possibile tralasciarne il calcolo, infatti, così facendo si andrebbe incontro ad una, anche se lieve, sottostima dei costi effettivi.

5.4.Area sperimentale n°2 – replica B

In questa area si eseguiva un intervento selvicolturale di taglio ceduo matricinato. L'orografia era caratterizzata da pendenza media del 50% e buona accessibilità. La replica analizzata prevedeva abbattimento con motosega. Le piante intere venivano concentrate ed esboscate con una gru a cavo media modello "Valentini V400" con carrello automatico. All'imposto le piante venivano allestite, in differenti assortimenti, dal tronco veniva allestita legna da ardere della lunghezza di 1 m, accatastata all'imposto e dai rami attraverso una sminuzzatrice a disco ad alimentazione manuale azionata dalla presa di potenza di un trattore, veniva prodotto dello sminuzzato.

5.4.1. Analisi dei tempi di lavoro

5.4.1.1. Abbattimento

Per quanto riguarda l'abbattimento in questo cantiere sono stati rilevati i seguenti tempi di lavoro:

1. Tempo di pulizia e spostamento;
2. Tempo di abbattimento.

Inoltre si sono registrati i tempi morti evitabili e i tempi morti inevitabili. Le operazioni di rilievo dei tempi di lavoro dell'abbattimento ed allestimento si riferiscono a due giornate lavorative.

Dall'analisi dei tempi, riportati nella sottostante tabella, si evince che il tempo medio di abbattimento è superiore, rispetto, all'altro tempo rilevato. Questo dato è spiegabile con il fatto che l'intervento preso in esame è assimilabile ad un primo diradamento, quindi la densità è molto vicina a quella iniziale di sesto d'impianto, così la distanza tra una pianta e l'altra è molto esigua ed ha permesso di avere un tempo medio di spostamento non molto alto.

Il tempo medio di pulizia è inferiore sempre per lo stesso motivo, infatti trovandoci in un soprassuolo molto folto le chiome sono molto ravvicinate e non permettono il passaggio di grandi quantità di radiazione solare diretta, così la formazione di erbe o arbusti è stata minima, fenomeno che ha contribuito ad abbattere questo tempo di lavoro.

Le dimensioni delle piante hanno influito molto sul tempo di abbattimento, infatti con motoseghe di media potenza gli operatori riuscivano a tagliare le piante in maniera abbastanza rapida grazie ai diametri non troppo grandi dei fusti.

I tempi di lavoro rilevati nelle due giornate sono stati oggetto di indagine statistica con t-test per campioni indipendenti, il test per un numero di 271 cicli contenuti nelle 2 repliche non ha mostrato differenze significative ($p > 0,05$).

Tabella 72 Tempi di abbattimento (media $\pm$ deviazione standard)

Descrizione	Unità di misura	Valore
Operatori	n°	2
Macchine	n°	1
Piante	n°	462
Tempo Medio di Pulizia	min	0,19 $\pm$ 0,04
Tempo Medio di Abbattimento		0,31 $\pm$ 0,11
Tempo Morto Evitabile		11,46
Tempo Morto Inevitabile		57,37
Tempo Produttivo		287,87
Tempo Totale Lordo		299,33

Nel sottostante grafico a torta si mette in risalto la suddivisione, in percentuale, dei tempi di lavoro effettivi.

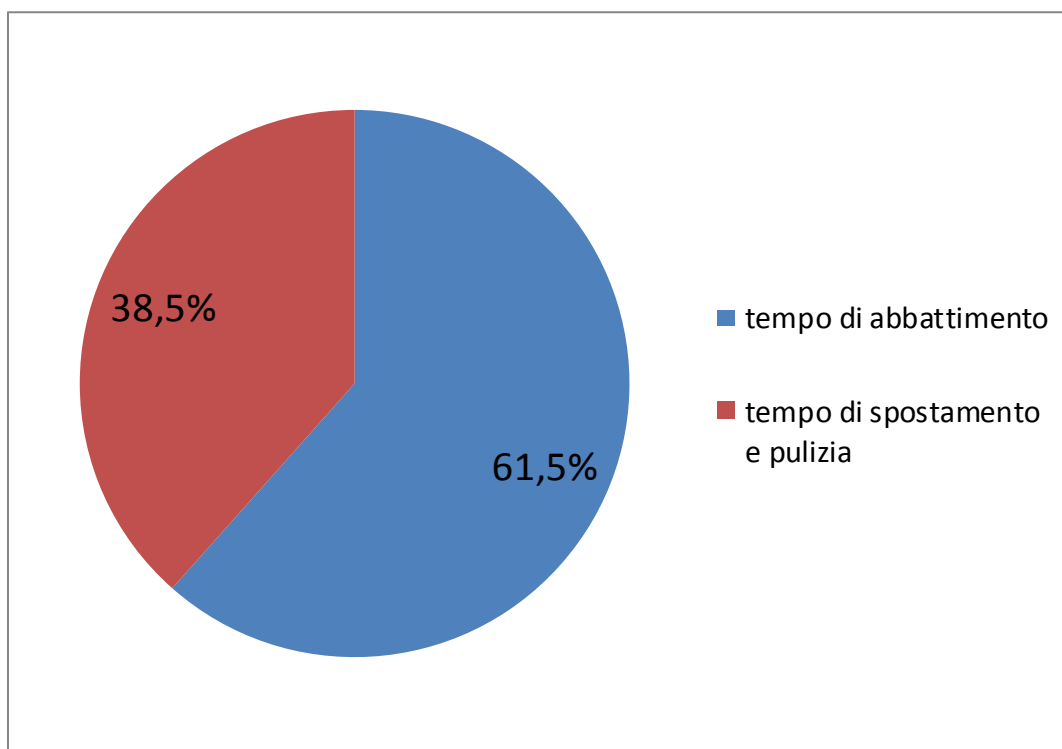


Grafico 9 Composizione percentuale dei tempi di lavoro effettivi

I Tempi Morti Evitabili sono composti esclusivamente dalla scarsa organizzazione dei lavori in bosco.

I Tempi Morti Inevitabili sono costituiti principalmente da solo 2 voci, pause fisiologiche che rappresentano il 46% dei TMI, e rifornimenti che rappresentano il 54% dei TMI.

Osservando da un punto di vista percentuale i tempi morti, si nota che i TME incidono sul tempo totale lordo del 4%, mentre i TMI influiscono su tempo totale lordo del 19%.

5.4.1.2. Concentramento ed esbosco

Per quanto riguarda il concentramento ed esbosco in questo cantiere si è proceduto con l'impiego di una gru a cavo media. Nello specifico sono stati rilevati i seguenti tempi di lavoro:

- 1) Tempo di spostamento carrello vuoto;
- 2) Tempo di discesa fune;
- 3) Tempo di aggancio;
- 4) Tempo di concentramento;
- 5) Tempo di esbosco;
- 6) Tempo di sgancio.

Inoltre si sono registrati i tempi morti evitabili e i tempi morti inevitabili e tra questi ultimi inseriti i tempi di coordinamento, montaggio e smontaggio della linea. Le operazioni di rilievo dei tempi di lavoro a due giornate lavorative.

Dall'analisi dei tempi, riportati nella sottostante tabella, si evince che il tempo medio di concentramento ed esbosco del carico sono risultati essere i maggiori tempi rilevati. Questo dato è spiegabile con il fatto che durante l'intervento preso in esame gli operatori trovavano difficoltà a formare un carico di più piante senza che quest'ultimo si impuntasse nel soprassuolo rimanente o in qualche altra pianta abbattuta in quanto durante la fase di abbattimento non era stata posta la necessaria attenzione e molte piante erano incastrate le une sulle altre. Per lo stesso motivo anche l'esbosco è risultato difficoltoso.

Il tempo medio di aggancio è il secondo tempo superiore, infatti trovandoci in una particella ad elevata pendenza gli operatori impiegavano tempo per spostarsi all'interno della particella ed agganciare le piante alla fune del carrello.

I tempi di lavoro rilevati nelle due giornate sono stati oggetto di indagine statistica con t-test per campioni indipendenti, il test per un numero di 154 cicli contenuti nelle 2 repliche non ha mostrato differenze significative ($p > 0,05$).

Tabella 73 Tempi di concentramento ed esbosco (media $\pm$ deviazione standard)

Descrizione	Unità di misura	Valore
Operatori	n°	3
Macchine	n°	2
Viaggi	n°	154
Media pezzi a viaggio	n°	13
Distanza media a viaggio	m	45
Massa media fresca pianta	kg	51,1
Tempo Medio discesa fune	min	0,43 $\pm$ 0,06
Tempo Medio di aggancio		0,95 $\pm$ 0,11
Tempo medio di concentramento		1,45 $\pm$ 0,14
Tempo medio di esbosco		1,45 $\pm$ 0,11
Tempo medio di sgancio		0,17 $\pm$ 0,02
Tempo Morto Evitabile		180,91
Tempo Morto Inevitabile		498,78
Tempo Produttivo		1384,74
Tempo Totale Lordo		1565,65

Nel sottostante grafico a torta si mette in risalto la suddivisione, in percentuale, dei tempi di lavoro effettivi.

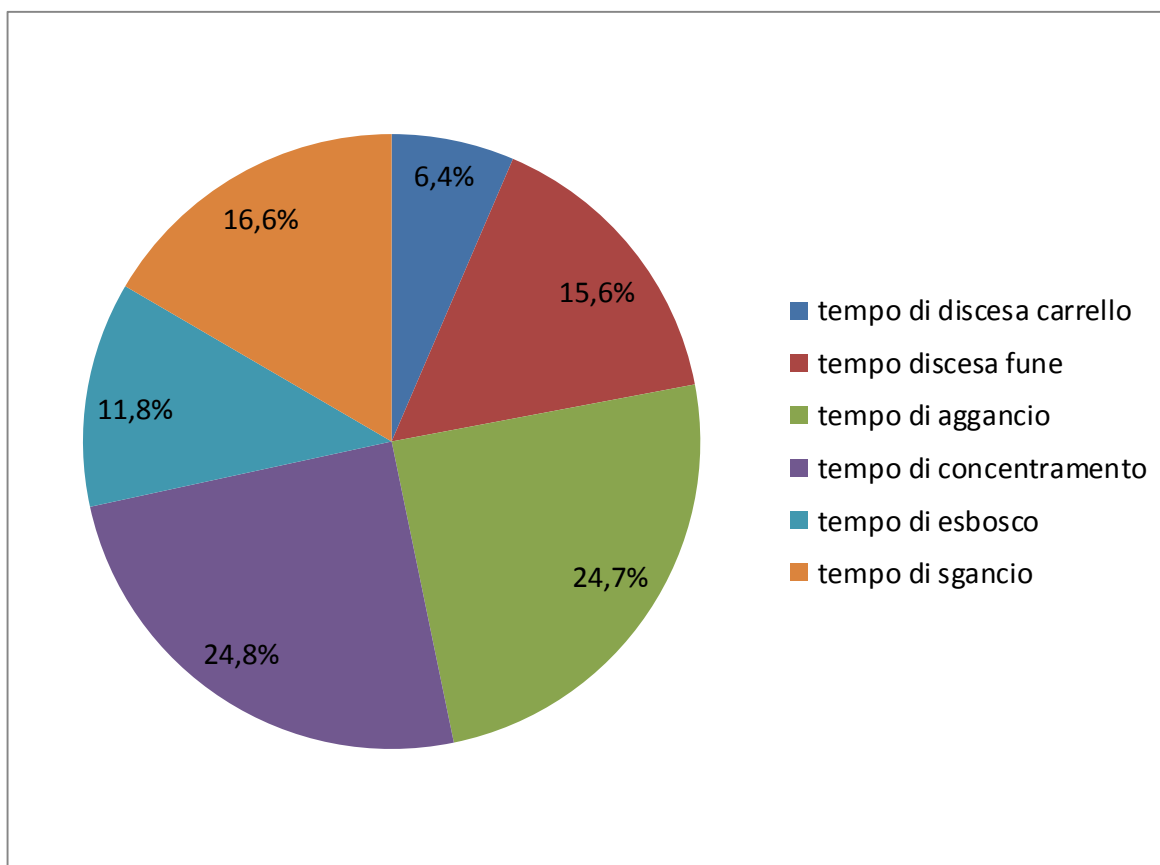


Grafico 10 Composizione percentuale dei tempi di lavoro effettivi

I Tempi Morti Evitabili sono composti principalmente dalla scarsa organizzazione dei lavori in bosco.

I Tempi Morti Inevitabili sono costituiti principalmente da solo 3 voci, pause fisiologiche che rappresentano il 15% dei TMI, rifornimenti che rappresentano il 12% dei TMI e tempi di montaggio, smontaggio e logistica della linea 73% dei TMI.

Osservando da un punto di vista percentuale i tempi morti, si nota che i TME incidono sul tempo totale lordo del 12%, mentre i TMI influiscono su tempo totale lordo del 32%.

5.4.1.3. Allestimento

Per quanto riguarda l'allestimento considerato come sramatura, sezionatura, sminuzzatura della ramaglia ed accatastamento in questo cantiere sono stati rilevati i seguenti tempi di lavoro:

- 1) Tempo di sramatura;
- 2) Tempo di sezionatura;
- 3) Tempo di accatastamento;
- 4) Tempo di sminuzzatura.

Inoltre si sono registrati i tempi morti evitabili e i tempi morti inevitabili. Le operazioni di rilievo dei tempi di lavoro a due giornate lavorative.

Dall'analisi dei tempi, riportati nella sottostante tabella, si evince che il tempo medio di sramatura è il più basso, rispetto, agli altri tempi rilevati. Questo dato è spiegabile con il fatto che l'intervento preso in esame è assimilabile ad un primo diradamento, quindi la densità è molto vicina a quella iniziale di sesto d'impianto, così la ramosità tra una pianta e l'altra è molto poco accentuata ed ha permesso di avere un tempo medio di allestimento non molto alto.

Le dimensioni delle piante hanno influito molto sul tempo di accatastamento, della legna da ardere, infatti con materiale di piccole dimensioni gli operatori impiegavano un tempo sensibilmente maggiore nella formazione della catasta.

Il tempo medio di sminuzzatura è superiore sempre per lo stesso motivo, infatti le dimensioni minime del materiale da sminuzzare hanno fatto aumentare il tempo che l'operatore impiegava a raccogliere a mano la ramaglia e a formare una massa sufficiente da poter essere spinta nella bocca della sminuzzatrice per essere tritурata.

I tempi di lavoro rilevati nelle due giornate sono stati oggetto di indagine statistica con t-test per campioni indipendenti, il test per un numero di 15 cicli contenuti nelle 2 repliche non ha mostrato differenze significative ($p > 0,05$).

Tabella 74 Tempi di allestimento (media $\pm$ deviazione standard)

Descrizione	Unità di misura	Valore
Operatori	n°	2
Macchine	n°	3
Piante	n°	167
Massa media fresca pianta	kg	71,7
Tempo Medio di sramatura	min	0,33 $\pm$ 0,07
Tempo Medio di sezionatura		0,59 $\pm$ 0,12
Tempo medio di accatastamento		0,82 $\pm$ 0,10
Tempo medio di sminuzzatura		0,84 $\pm$ 0,18
Tempo Morto Evitabile		2,65
Tempo Morto Inevitabile		163,78
Tempo Produttivo		595,24
Tempo Totale Lordo		597,89

Nel sottostante grafico a torta si mette in risalto la suddivisione, in percentuale, dei tempi di lavoro effettivi.

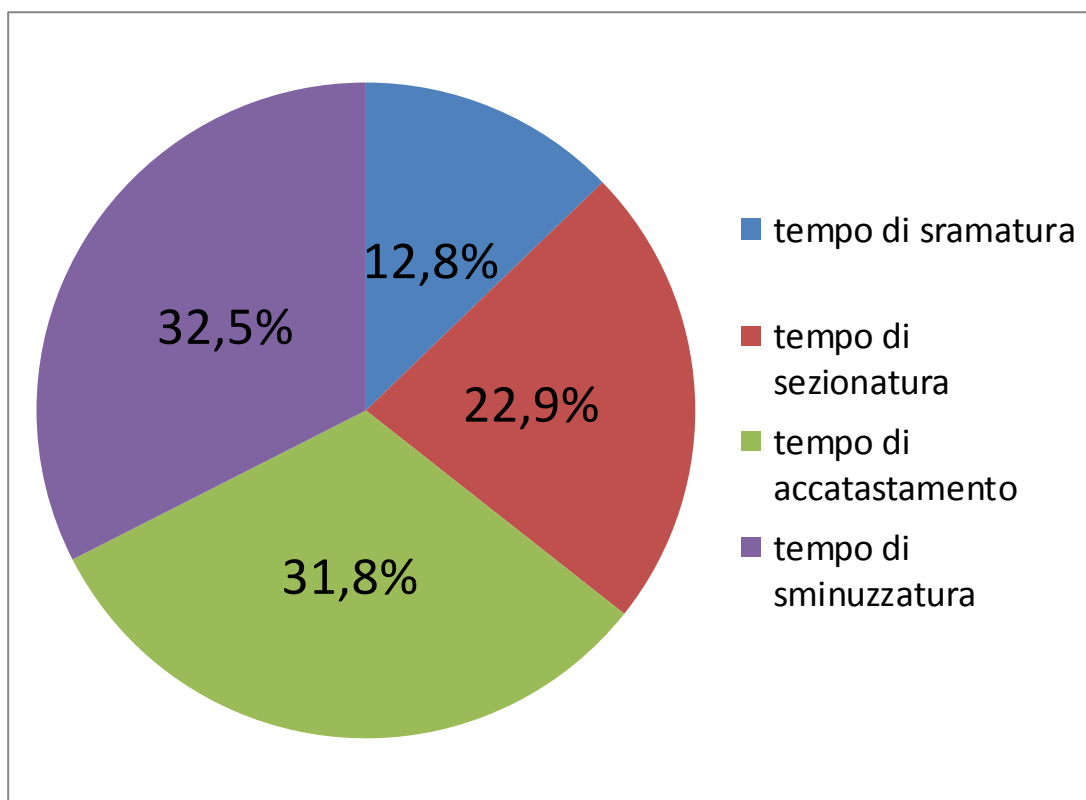


Grafico 11 Composizione percentuale dei tempi di lavoro effettivi

I Tempi Morti Evitabili sono composti principalmente dalla scarsa organizzazione dei lavori in bosco.

I Tempi Morti Inevitabili sono costituiti principalmente da solo 2 voci, pause fisiologiche che rappresentano il 22% dei TMI, e rifornimenti che rappresentano il 78% dei TMI.

Osservando da un punto di vista percentuale i tempi morti, si nota che i TME incidono sul tempo totale lordo del 0,5%, mentre i TMI influiscono su tempo totale lordo del 27%.

5.4.2. Produttività di lavoro

Rifacendosi ai tempi di lavoro, volume e massa, per ogni cantiere forestale preso in esame, è stata calcolata la produttività media oraria per ogni operaio nel cantiere, determinando la produttività media lorda (PHS_{15} productivity) e la produttività media netta (PHS_0 productivity).

Le produttività sono state calcolate in due unità di misura differenti sulla base dei differenti dati di partenza:

- $t_{u35\%}.h^{-1}operaio^{-1}$, cioè la produttività, in tonnellate di legno ad una umidità corrispondente a quella di raccolta (e di volta in volta specificata), per ogni ora di lavoro di un singolo operaio;
- $t_{s,s}.h^{-1}operaio^{-1}$, cioè la produttività, in tonnellate di legno allo stato anidro, per ogni ora di lavoro di ogni singolo operaio.

5.4.2.1. Abbattimento

In questo cantiere la produttività durante l'operazione di abbattimento denota valori con pochi margini di miglioramento, in quanto si denotano pochi tempi morti evitabili che influenzano la produttività finale.

Tabella 75 Produttività nell'operazione di abbattimento riferita alla squadra di lavoro di due operatori

Descrizione	Unità di misura	Valore
PHS₁₅	$t_{u35\%}.h^{-1}operaio^{-1}$	3,23
	$t_{s,s}.h^{-1}operaio^{-1}$	2,10
PHS₀	$t_{u35\%}.h^{-1}operaio^{-1}$	3,64
	$t_{s,s}.h^{-1}operaio^{-1}$	2,36

5.4.2.2. Concentramento ed esbosco

In questo cantiere la produttività durante l'operazione di concentramento ed esbosco denota valori con piccoli margini di miglioramento, in quanto si denotano bassi tempi morti evitabili che influenzano la produttività finale.

Tabella 76 Produttività nell'operazione di concentramento ed esbosco riferita alla squadra di lavoro di tre operatori

Descrizione	Unità di misura	Valore
PHS₁₅	$t_{u35\%}.h^{-1}operaio^{-1}$	0,60
	$t_{s,s}.h^{-1}operaio^{-1}$	0,39
PHS₀	$t_{u35\%}.h^{-1}operaio^{-1}$	0,99
	$t_{s,s}.h^{-1}operaio^{-1}$	0,65

5.4.2.3. Allestimento In questo cantiere la produttività durante l'operazione di allestimento denota valori con piccoli margini di miglioramento, in quanto si denotano bassi tempi morti evitabili che influenzano la produttività finale.

Tabella 77 Produttività nell'operazione di allestimento riferita alla squadra di lavoro di due operatori

Descrizione	Unità di misura	Valore
PHS₁₅	$t_{u35\%} \cdot h^{-1} \text{operaio}^{-1}$	0,72
	$t_{s,s} \cdot h^{-1} \text{operaio}^{-1}$	0,47
PHS₀	$t_{u35\%} \cdot h^{-1} \text{operaio}^{-1}$	0,83
	$t_{s,s} \cdot h^{-1} \text{operaio}^{-1}$	0,54

5.4.3. Analisi energetica

Utilizzando la metodologia di calcolo della richiesta lorda di energia (GER), illustrata precedentemente nel capitolo delle metodologie di ricerca, si è redatta la richiesta energetica dei cantieri presi in esame in questo studio.

5.4.3.1. Abbattimento

Le analisi energetiche condotte per l'operazione di abbattimento hanno riguardato nello specifico le analisi dell'unica macchina impiegata in questa operazione la motosega.

Tabella 78 Tabella analitica delle macchine impiegate per il calcolo degli input energetici

	Motosega per abbattimento
Massa (kg)	6,5
Durata tecnica (h)	2000
Modello	Husqvarna
Potenza (kW)	2,7
Input (MJ·kg⁻¹)	153,07
Consumo specifico (kg ·kW⁻¹ ·h⁻¹)	0,35

Una volta evidenziati i valori caratteristici dell'impiego di questa macchina, si è provveduto a farli interagire con i tempi effettivi di impiego sul cantiere e le quantità di legno utilizzato durante l'utilizzazione.

Tabella 79 Input in MJ/ts.s. rilevati per l'operazione di abbattimento

Input in MJ/t_{s.s.}			
	Input diretti	Input indiretti	Input totali
Area 2B	45,4	0,2	45,6

5.4.3.2. Concentramento ed esbosco

Le analisi energetiche condotte per l'operazione di concentramento ed esbosco hanno riguardato nello specifico le analisi delle macchine impiegate in questa operazione la gru a cavo e il trattore agricolo.

Tabella 80 Tabella analitica delle macchine impiegate per il calcolo degli input energetici

	Trattore
Massa (t)	1,9
Durata tecnica (h)	10000
Modello	Landini vision 105
Potenza (kW)	72,5
Input (MJ·kg⁻¹)	130,12
Consumo specifico (kg ·kW⁻¹ ·h⁻¹)	0,25

Tabella 81 Tabella analitica dell'impianto di gru a cavo Valentini impiegato per il calcolo degli input energetici

	Gru a cavo
Massa (t)	2,8
Durata tecnica (h)	10000
Modello	Valentini V400
Potenza richiesta (kW)	70
Input (MJ·kg⁻¹)	78,61

Una volta evidenziati i valori caratteristici dell'impiego di questa macchina, si è provveduto a farli interagire con i tempi effettivi di impiego sul cantiere e le quantità di legno utilizzato durante l'utilizzazione.

Tabella 82 Input in MJ/ts.s. rilevati per l'operazione di concentramento ed esbosco

Input in MJ/t_{s.s.}			
	Input diretti	Input indiretti	Input totali
Area 2B	298,5	38,3	336,8

5.4.3.3. Allestimento Le analisi energetiche condotte per l'operazione di allestimento hanno riguardato nello specifico le analisi delle macchine impiegate, una motosega, una sminuzzatrice ed un trattore agricolo.

Tabella 83 Tabella analitica delle macchine impiegate per il calcolo degli input energetici

	Motosega per allestimento
Massa (kg)	6,5
Durata tecnica (h)	2000
Modello	Husqvarna
Potenza (kW)	2,7
Input (MJ·kg⁻¹)	153,07
Consumo specifico (kg ·kW⁻¹ ·h⁻¹)	0,35

Tabella 84 Tabella analitica delle macchine impiegate per il calcolo degli input energetici

	Trattore
--	-----------------

Massa (t)	1,9
Durata tecnica (h)	10000
Modello	Landini vision 105
Potenza (kW)	72,5
Input (MJ·kg⁻¹)	130,12
Consumo specifico (kg ·kW⁻¹ ·h⁻¹)	0,25

Tabella 85 Tabella analitica delle macchine impiegate per il calcolo degli input energetici

	Sminuzzatrice
Massa (t)	0,6
Durata tecnica (h)	10000
Modello	Green Produzione CIP1500
Potenza richiesta (kW)	30
Input (MJ·kg⁻¹)	65,35

Una volta evidenziati i valori caratteristici dell'impiego di queste macchine, si è provveduto a farli interagire con i tempi effettivi di impiego sul cantiere e le quantità di legno utilizzato durante l'utilizzazione.

Tabella 86 Input in MJ/ts.s. rilevati per l'operazione di allestimento

Input in MJ/t_{s.s.}			
	Input diretti	Input indiretti	Input totali
Area 2B	76,5	0,1	76,6

5.4.4. Analisi dei costi di utilizzazione

Per ogni operazione di utilizzazione sono stati calcolati i costi delle macchine utilizzate in base alla metodologia Hippoliti (1997).

5.4.4.1. Abbattimento

Riguardo l'abbattimento si è proceduto al calcolo dei costi orari della motosega Husqvarna 346XP utilizzata.

Tabella 87 costi motosega secondo Hippoliti, 1997

<i>Parametri di calcolo</i>	<i>Simboli</i>	<i>Formule</i>	<i>Unità</i>	
Valore a nuovo della macchina	Vt		[€]	882,00
Saggio di interesse	r			0,03
Prezzo combustibile	Pc		[€/l]	2,00
Prezzo lubrificante	Pl		[€/l]	1,80
Costo annuo materiali di rapido consumo	Ra		[€/anno]	350,00
Periodo di reintegra	N		[anni]	3
Durata tecnica	D		[h]	2.000
Coefficiente di riparazione	s			0,7
Percentuale spese varie (ass., rimessa, ecc...)	v		[%]	0,00
Parametro per il calcolo degli interessi	y			0,5
Consumo giornaliero carburante (miscela)	CCd		[l]	4,0
Consumo giornaliero lubrificante	CLd		[l]	2,0
Ore effettive di impiego al giorno	g		[h/d]	5
Giorni effettivi di impiego all'anno	G		[d/anno]	120
Ore effettive di impiego all'anno	n	$G \cdot g$	[h/anno]	600
COSTI FISSI				
Quota di reintegra annua	Aa	Vt/N	[€/anno]	294,00
Quota di reintegra oraria	Ao	Aa/n	[€/h]	0,49
Quota annua interessi sul capitale	Ia	$Vt \cdot y \cdot r$	[€/anno]	13,23
Quota oraria interessi sul capitale	Io	Ia/n	[€/h]	0,02
Quota annua spese varie	Sva	$Vt \cdot v$	[€/anno]	0,00
Quota oraria spese varie	Svo	Sva/n	[€/h]	0,00
Totale costi fissi annui	Cfa	$Aa + Ia + Sva$	[€/anno]	307,23
TOTALE COSTI FISSI ORARI	Cfo	Cfa/n	[€/h]	0,51
COSTI VARIABILI ORARI				
Quota giornaliera materiale rapido consumo	Rd	Ra/G	[€/d]	2,92
Quota oraria materiale rapido consumo	Ro	$Ra/n = Rd/g$	[€/h]	0,58
Quota giornaliera manutenzioni e riparazioni	Md	$(Vt/D) \cdot g \cdot s$	[€/d]	1,54
Quota oraria manutenzioni e riparazioni	Mo	Md/g	[€/h]	0,31
Quota giornaliera carburante (miscela)	COCd	$Pc \cdot CCd$	[€/d]	8,00
Quota oraria carburante (miscela)	COC	$COCd/g$	[€/h]	1,60
Quota giornaliera lubrificanti	COLd	$Pl \cdot CLd$	[€/d]	3,60
Quota oraria lubrificanti	COL	$COLd/g$	[€/h]	0,72
Totale costi variabili giornalieri	Cvd	$Rd + Md + COCd + COLd$	[€/d]	16,06
TOTALE COSTI VARIABILI ORARI	Cvo	$Ro + Mo + COC + COL$	[€/h]	3,21
TOTALE COSTI ORARI MACCHINA		$Cfo + Cvo$	[€/h]	3,72

Per il calcolo del costo della manodopera ci si è basati su quanto esposto al capitolo precedente. Operaio specializzato 18 €/h e operaio generico 13 €/h. Stessa cosa è stata fatta per i costi riguardanti la sicurezza.

Sono stati calcolati i costi orari relativi a:

- casco protettivo completo di cuffie e visiera;
- salopette antitaglio;
- guanti protettivi;
- scarponi rinforzati con puntale in acciaio.

Tabella 88 Costi dei dispositivi di protezione individuale

Dispositivi di protezione individuale (DPI)				
	Casco	Salopette	Guanti	Scarpe
	[€/h]	[€/h]	[€/h]	[€/h]
Costi fissi orari	0,02	0,05	0,02	0,03
Costi variabili orari	0,01	0,04	0,02	0,03
Costi orari totali	0,03	0,09	0,04	0,06

Dalla tabella precedente possiamo osservare come i dispositivi di protezione individuale non influenzino in maniera cospicua il valore di costo orario di un'operazione, tuttavia non è possibile tralasciarne il calcolo, infatti, così facendo si andrebbe incontro ad una, anche se lieve, sottostima dei costi effettivi.

5.4.4.2. Concentramento ed esbosco

Riguardo il concentramento ed esbosco si è proceduto al calcolo dei costi orari dell'impianto di gru a cavo.

Tabella 89 Costi trattore secondo Hippoliti, 1997

<i>Parametri di calcolo</i>	<i>Simboli</i>	<i>Formule</i>	<i>Unità</i>	
Valore a nuovo della macchina	Vt		[€]	70.000,00
Saggio d'interesse	r			0,03
Prezzo gasolio	Pc		[€/l]	1,20
Prezzo lubrificante ⁽¹⁾	Pl		[€/l]	11,00
Costo annuo materiali di rapido consumo (pneumatici, funi)	Ra		[€/anno]	1.750,00
Periodo di reintegra	N		[anni]	10
Durata tecnica	D		[h]	10.000
Coefficiente di riparazione	s			0,80
Spese varie (ass., ricovero, tasse, ecc...)	v		[%]	0,02
Parametro per il calcolo degli interessi	y			0,5
Consumo giornaliero carburante (gasolio)	CCd		[l]	55,0
Consumo giornaliero lubrificante	CLd		[l]	1,7
Ore effettive di impiego al giorno	g		[h/d]	5
Giorni effettivi di impiego all'anno	G		[d/anno]	100
Ore effettive di impiego all'anno	n	$G \cdot g$	[h/anno]	500
COSTI FISSI				
Quota di reintegra annua	Aa	Vt/N	[€/anno]	7.000,00
Quota di reintegra oraria	Ao	Aa/n	[€/h]	14,00
Quota annua interessi sul capitale	Ia	$Vt \cdot y \cdot r$	[€/anno]	1.050,00
Quota oraria interessi sul capitale	Io	Ia/n	[€/h]	2,10
Quota annua spese varie	Sva	$Vt \cdot v$	[€/anno]	1.400,00
Quota oraria spese varie	Svo	Sva/n	[€/h]	2,80
Totale costi fissi annui	Cfa	$Aa + Ia + Sva$	[€/anno]	9.450,00
TOTALE COSTI FISSI ORARI	Cfo	Cfa/n	[€/h]	18,90
COSTI VARIABILI ORARI				
Quota giornaliera manutenzioni e riparazioni	Md	$(Vt/D) \cdot g \cdot s$	[€/d]	28,00
Quota oraria manutenzioni e riparazioni	Mo	Md/g	[€/h]	5,60
Quota giornaliera carburante (gasolio)	COCd	$Pc \cdot CCd$	[€/d]	66,00
Quota oraria carburante (gasolio)	COC	$COCd/g$	[€/h]	13,20
Quota giornaliera lubrificanti	COLd	$Pl \cdot CLd$	[€/d]	18,15
Quota oraria lubrificanti	COL	$COLd/g$	[€/h]	3,63
Quota giornaliera materiale rapido consumo (pneumatici, funi)	Rd	Ra/G	[€/d]	17,50
Quota oraria materiale rapido consumo (pneumatici, funi)	Ro	$Ra/n = Rd/g$	[€/h]	3,50
Totale costi variabili giornalieri	Cvd	$Rd + Md + COCd + COLd$	[€/d]	129,65
TOTALE COSTI VARIABILI ORARI	Cvo	Cvd/g	[€/h]	25,93
TOTALE COSTI ORARI MACCHINA		$Cfo + Cvo$	[€/h]	44,83

⁽¹⁾ Prezzo ottenuto come media ponderata tra quello dell'olio motore e quello dell'olio cambio.

Tabella 90 Costi impianto di gru a cavo secondo Hippoliti, 1997

Impianto gru a cavo media modello Valentini V400				
<i>Parametri di calcolo</i>	<i>Simboli</i>	<i>Formule</i>	<i>Unità</i>	
Valore a nuovo della macchina	Vt		€	140.000,00
Saggio d'interesse	r			0,03
Prezzo gasolio	Pc		€/l	0,00
Prezzo lubrificante ⁽¹⁾	Pl		€/l	11,00
Costo annuo materiali di rapido consumo (pneumatici, funi)	Ra		€/anno	900,00
Periodo di reintegra	N		anni	10
Durata tecnica	D		h	10.000
Coefficiente di riparazione	s			0,80
Spese varie (ass., ricovero, tasse, ecc...)	v		%	0,02
Parametro per il calcolo degli interessi	y			0,5
Consumo giornaliero carburante (gasolio)	CCd		l	0
Consumo giornaliero lubrificante	CLd		l	0,1
Ore effettive di impiego al giorno	g		h/d	5
Giorni effettivi di impiego all'anno	G		d/anno	100
Ore effettive di impiego all'anno	n	$G \cdot g$	h/anno	500
COSTI FISSI				
Quota di reintegra annua	Aa	Vt/N	€/anno	14.000,00
Quota di reintegra oraria	Ao	Aa/n	€/h	28,00
Quota annua interessi sul capitale	Ia	$Vt \cdot y \cdot r$	€/anno	2.100,00
Quota oraria interessi sul capitale	Io	Ia/n	€/h	4,20
Quota annua spese varie	Sva	$Vt \cdot v$	€/anno	2.800,00
Quota oraria spese varie	Svo	Sva/n	€/h	5,60
Totale costi fissi annui	Cfa	$Aa + Ia + Sva$	€/anno	18.900,00
TOTALE COSTI FISSI ORARI	Cfo	Cfa/n	€/h	37,80
COSTI VARIABILI ORARI				
Quota giornaliera manutenzioni e riparazioni	Md	$(Vt/D) \cdot g \cdot s$	€/d	56,00
Quota oraria manutenzioni e riparazioni	Mo	Md/g	€/h	11,20
Quota giornaliera carburante (gasolio)	COCd	$Pc \cdot CCd$	€/d	0,00
Quota oraria carburante (gasolio)	COC	$COCd/g$	€/h	0,00
Quota giornaliera lubrificanti	COLd	$Pl \cdot CLd$	€/d	1,10
Quota oraria lubrificanti	COL	$COLd/g$	€/h	0,22
Quota giornaliera materiale rapido consumo (pneumatici, funi)	Rd	Ra/G	€/d	9,00
Quota oraria materiale rapido consumo (pneumatici, funi)	Ro	$Ra/n = Rd/g$	€/h	1,80
Totale costi variabili giornalieri	Cvd	$Rd + Md + COCd + COLd$	€/d	66,10
TOTALE COSTI VARIABILI ORARI	Cvo	Cvd/g	€/h	13,22
TOTALE COSTI ORARI MACCHINA		$Cfo + Cvo$	€/h	51,02

Per il calcolo del costo della manodopera ci si è basati su quanto esposto al capitolo precedente. Operaio specializzato 18 €/h e operaio generico 13 €/h. Stessa cosa è stata fatta per i costi riguardanti la sicurezza.

Sono stati calcolati i costi orari relativi a:

- casco protettivo completo di cuffie e visiera;
- guanti protettivi;
- scarponi rinforzati con puntale in acciaio.

Tabella 91 Costi dei dispositivi di protezione individuale.

Dispositivi di protezione individuale (DPI)			
	Casco	Guanti	Scarpe
	[€/h]	[€/h]	[€/h]
Costi fissi orari	0,02	0,02	0,03
Costi variabili orari	0,01	0,02	0,03
Costi orari totali	0,03	0,04	0,06

Dalla tabella precedente possiamo osservare come i dispositivi di protezione individuale non influenzino in maniera cospicua il valore di costo orario di un'operazione, tuttavia non è possibile tralasciarne il calcolo, infatti, così facendo si andrebbe incontro ad una, anche se lieve, sottostima dei costi effettivi.

5.4.4.3. Allestimento

Riguardo l'allestimento si è proceduto al calcolo dei costi orari delle macchine impiegate.

Tabella 92 costi motosega secondo Hippoliti, 1997

<i>Parametri di calcolo</i>	<i>Simboli</i>	<i>Formule</i>	<i>Unità</i>	
Valore a nuovo della macchina	Vt		[€]	882,00
Saggio di interesse	r			0,03
Prezzo combustibile	Pc		[€/l]	2,00
Prezzo lubrificante	Pl		[€/l]	1,80
Costo annuo materiali di rapido consumo	Ra		[€/anno]	350,00
Periodo di reintegra	N		[anni]	3
Durata tecnica	D		[h]	2.000
Coefficiente di riparazione	s			0,7
Percentuale spese varie (ass., rimessa, ecc...)	v		[%]	0,00
Parametro per il calcolo degli interessi	y			0,5
Consumo giornaliero carburante (miscela)	CCd		[l]	4,0
Consumo giornaliero lubrificante	CLd		[l]	2,0
Ore effettive di impiego al giorno	g		[h/d]	5
Giorni effettivi di impiego all'anno	G		[d/anno]	120
Ore effettive di impiego all'anno	n	$G \cdot g$	[h/anno]	600
COSTI FISSI				
Quota di reintegra annua	Aa	Vt/N	[€/anno]	294,00
Quota di reintegra oraria	Ao	Aa/n	[€/h]	0,49
Quota annua interessi sul capitale	Ia	$Vt \cdot y \cdot r$	[€/anno]	13,23
Quota oraria interessi sul capitale	Io	Ia/n	[€/h]	0,02
Quota annua spese varie	Sva	$Vt \cdot v$	[€/anno]	0,00
Quota oraria spese varie	Svo	Sva/n	[€/h]	0,00
Totale costi fissi annui	Cfa	$Aa + Ia + Sva$	[€/anno]	307,23
TOTALE COSTI FISSI ORARI	Cfo	Cfa/n	[€/h]	0,51
COSTI VARIABILI ORARI				
Quota giornaliera materiale rapido consumo	Rd	Ra/G	[€/d]	2,92
Quota oraria materiale rapido consumo	Ro	$Ra/n = Rd/g$	[€/h]	0,58
Quota giornaliera manutenzioni e riparazioni	Md	$(Vt/D) \cdot g \cdot s$	[€/d]	1,54
Quota oraria manutenzioni e riparazioni	Mo	Md/g	[€/h]	0,31
Quota giornaliera carburante (miscela)	COCd	$Pc \cdot CCd$	[€/d]	8,00
Quota oraria carburante (miscela)	COC	$COCd/g$	[€/h]	1,60
Quota giornaliera lubrificanti	COLd	$Pl \cdot CLd$	[€/d]	3,60
Quota oraria lubrificanti	COL	$COLd/g$	[€/h]	0,72
Totale costi variabili giornalieri	Cvd	$Rd + Md + COCd + COLd$	[€/d]	16,06
TOTALE COSTI VARIABILI ORARI	Cvo	$Ro + Mo + COC + COL$	[€/h]	3,21
TOTALE COSTI ORARI MACCHINA		$Cfo + Cvo$	[€/h]	3,72

Tabella 93 costi trattore agricolo secondo Hippoliti, 1997

<i>Parametri di calcolo</i>	<i>Simboli</i>	<i>Formule</i>	<i>Unità</i>	
Valore a nuovo della macchina	Vt		[€]	70.000,00
Saggio d'interesse	r			0,03
Prezzo gasolio	Pc		[€/l]	1,20
Prezzo lubrificante ⁽¹⁾	Pl		[€/l]	11,00
Costo annuo materiali di rapido consumo (pneumatici, funi)	Ra		[€/anno]	1.750,00
Periodo di reintegra	N		[anni]	10
Durata tecnica	D		[h]	10.000
Coefficiente di riparazione	s			0,80
Spese varie (ass., ricovero, tasse, ecc...)	v		[%]	0,02
Parametro per il calcolo degli interessi	y			0,5
Consumo giornaliero carburante (gasolio)	CCd		[l]	55,0
Consumo giornaliero lubrificante	CLd		[l]	1,7
Ore effettive di impiego al giorno	g		[h/d]	5
Giorni effettivi di impiego all'anno	G		[d/anno]	100
Ore effettive di impiego all'anno	n	$G \cdot g$	[h/anno]	500
COSTI FISSI				
Quota di reintegra annua	Aa	Vt/N	[€/anno]	7.000,00
Quota di reintegra oraria	Ao	Aa/n	[€/h]	14,00
Quota annua interessi sul capitale	Ia	$Vt \cdot y \cdot r$	[€/anno]	1.050,00
Quota oraria interessi sul capitale	Io	Ia/n	[€/h]	2,10
Quota annua spese varie	Sva	$Vt \cdot v$	[€/anno]	1.400,00
Quota oraria spese varie	Svo	Sva/n	[€/h]	2,80
Totale costi fissi annui	Cfa	$Aa + Ia + Sva$	[€/anno]	9.450,00
TOTALE COSTI FISSI ORARI	Cfo	Cfa/n	[€/h]	18,90
COSTI VARIABILI ORARI				
Quota giornaliera manutenzioni e riparazioni	Md	$(Vt/D) \cdot g \cdot s$	[€/d]	28,00
Quota oraria manutenzioni e riparazioni	Mo	Md/g	[€/h]	5,60
Quota giornaliera carburante (gasolio)	COCd	$Pc \cdot CCd$	[€/d]	66,00
Quota oraria carburante (gasolio)	COC	$COCd/g$	[€/h]	13,20
Quota giornaliera lubrificanti	COLd	$Pl \cdot CLd$	[€/d]	18,15
Quota oraria lubrificanti	COL	$COLd/g$	[€/h]	3,63
Quota giornaliera materiale rapido consumo (pneumatici, funi)	Rd	Ra/G	[€/d]	17,50
Quota oraria materiale rapido consumo (pneumatici, funi)	Ro	$Ra/n = Rd/g$	[€/h]	3,50
Totale costi variabili giornalieri	Cvd	$Rd + Md + COCd + COLd$	[€/d]	129,65
TOTALE COSTI VARIABILI ORARI	Cvo	Cvd/g	[€/h]	25,93
TOTALE COSTI ORARI MACCHINA		$Cfo + Cvo$	[€/h]	44,83

⁽¹⁾ Prezzo ottenuto come media ponderata tra quello dell'olio motore e quello dell'olio cambio.

Tabella 94 costi sminuzzatrice secondo Hippoliti, 1997

Sminuzzatrice secondo Hippoliti, 1997				
<i>Parametri di calcolo</i>	<i>Simboli</i>	<i>Formule</i>	<i>Unità</i>	
Valore a nuovo della macchina	Vt		€	30.000,00
Saggio d'interesse	r			0,03
Prezzo gasolio	Pc		€/l	0,00
Prezzo lubrificante ⁽¹⁾	Pl		€/l	11
Costo annuo materiali di rapido consumo	Ra		€/anno	750,00
Periodo di reintegra	N		anni	8
Durata tecnica	D		h	8.000
Coefficiente di riparazione	s			0,80
Spese varie (ass., ricovero, tasse, ecc...)	v		%	0,02
Parametro per il calcolo degli interessi	y			0,5
Consumo giornaliero carburante (gasolio)	CCd		l	
Consumo giornaliero lubrificante	CLd		l	1,1
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	$G \cdot g$	h/anno	452
COSTI FISSI				
Quota di reintegra annua	Aa	Vt/N	€/anno	3.750,00
Quota di reintegra oraria	Ao	Aa/n	€/h	8,30
Quota annua interessi sul capitale	Ia	$Vt \cdot y \cdot r$	€/anno	450,00
Quota oraria interessi sul capitale	Io	Ia/n	€/h	1,00
Quota annua spese varie	Sva	$Vt \cdot v$	€/anno	600,00
Quota oraria spese varie	Svo	Sva/n	€/h	1,33
Totale costi fissi annui	Cfa	$Aa + Ia + Sva$	€/anno	4.800,00
TOTALE COSTI FISSI ORARI	Cfo	Cfa/n	€/h	10,62
COSTI VARIABILI ORARI				
Quota giornaliera manutenzioni e riparazioni	Md	$(Vt/D) \cdot g \cdot s$	€/d	12,00
Quota oraria manutenzioni e riparazioni	Mo	Md/g	€/h	3,00
Quota giornaliera carburante (gasolio)	COCd	$Pc \cdot CCd$	€/d	0,00
Quota oraria carburante (gasolio)	COC	$COCd/g$	€/h	0,00
Quota giornaliera lubrificanti	COLd	$Pl \cdot CLd$	€/d	12,10
Quota oraria lubrificanti	COL	$COLd/g$	€/h	3,03
Quota giornaliera materiale rapido consumo (coltelli)	Rd	Ra/G	€/d	6,64
Quota oraria materiale rapido consumo (coltelli)	Ro	$Ra/n = Rd/g$	€/h	1,66
Totale costi variabili giornalieri	Cvd	$Rd + Md + COCd + COLd$	€/d	30,74
TOTALE COSTI VARIABILI ORARI	Cvo	Cvd/g	€/h	7,68
TOTALE COSTI ORARI MACCHINA		$Cfo + Cvo$	€/h	18,30

Per il calcolo del costo della manodopera ci si è basati su quanto esposto al capitolo precedente. Operaio specializzato 18 €/h e operaio generico 13 €/h. Stessa cosa è stata fatta per i costi riguardanti la sicurezza.

Sono stati calcolati i costi orari relativi a:

- casco protettivo completo di cuffie e visiera;
- salopette antitaglio;
- guanti protettivi;
- scarponi rinforzati con puntale in acciaio.

Tabella 95 Costi dei dispositivi di protezione individuale

Dispositivi di protezione individuale (DPI)				
	Casco	Salopette	Guanti	Scarpe
	[€/h]	[€/h]	[€/h]	[€/h]
Costi fissi orari	0,02	0,05	0,02	0,03
Costi variabili orari	0,01	0,04	0,02	0,03
Costi orari totali	0,03	0,09	0,04	0,06

Dalla tabella precedente possiamo osservare come i dispositivi di protezione individuale non influenzino in maniera cospicua il valore di costo orario di un'operazione, tuttavia non è possibile tralasciarne il calcolo, infatti, così facendo si andrebbe incontro ad una, anche se lieve, sottostima dei costi effettivi.

5.5.Area sperimentale n°2 – replica C

In questa area si eseguiva un intervento selvicolturale di taglio ceduo matricinato. L'orografia era caratterizzata da pendenza media del 50% e buona accessibilità. La replica analizzata prevedeva abbattimento con motosega. Le piante intere venivano concentrate ed esboscate con un trattore forestale articolato (skidder). All'imposto le piante venivano allestite, in differenti assortimenti, dal tronco veniva allestita legna da ardere della lunghezza di 1 m, accatastata all'imposto e dai rami attraverso una sminuzzatrice a disco ad alimentazione manuale azionata dalla presa di potenza di un trattore, veniva prodotto dello sminuzzato.

5.5.1. Analisi dei tempi di lavoro

5.5.1.1. Abbattimento

Per quanto riguarda l'abbattimento in questo cantiere sono stati rilevati i seguenti tempi di lavoro:

1. Tempo di pulizia e spostamento;
2. Tempo di abbattimento.

Inoltre si sono registrati i tempi morti evitabili e i tempi morti inevitabili. Le operazioni di rilievo dei tempi di lavoro dell'abbattimento ed allestimento si riferiscono a due giornate lavorative.

Dall'analisi dei tempi, riportati nella sottostante tabella, si evince che il tempo medio di abbattimento è superiore, rispetto, all'altro tempo rilevato. Questo dato è spiegabile con il fatto che l'intervento preso in esame è assimilabile ad un primo diradamento, quindi la densità è molto vicina a quella iniziale di sesto d'impianto, così la distanza tra una pianta e l'altra è molto esigua ed ha permesso di avere un tempo medio di spostamento non molto alto.

Il tempo medio di pulizia è inferiore sempre per lo stesso motivo, infatti trovandoci in un soprassuolo molto folto le chiome sono molto ravvicinate e non permettono il passaggio di grandi quantità di radiazione solare diretta, così la formazione di erbe o arbusti è stata minima, fenomeno che ha contribuito ad abbattere questo tempo di lavoro.

Le dimensioni delle piante hanno influito molto sul tempo di abbattimento, infatti con motoseghe di media potenza gli operatori riuscivano a tagliare le piante in maniera abbastanza rapida grazie ai diametri non troppo grandi dei fusti.

I tempi di lavoro rilevati nelle due giornate sono stati oggetto di indagine statistica con t-test per campioni indipendenti, il test per un numero di 271 cicli contenuti nelle 2 repliche non ha mostrato differenze significative ($p > 0,05$).

Tabella 96 Tempi di abbattimento (media $\pm$ deviazione standard)

Descrizione	Unità di misura	Valore
Operatori	n°	2
Macchine	n°	1
Piante	n°	462
Tempo Medio di Pulizia	min	0,19 $\pm$ 0,04
Tempo Medio di Abbattimento		0,31 $\pm$ 0,11
Tempo Morto Evitabile		11,46
Tempo Morto Inevitabile		57,37
Tempo Produttivo		287,87
Tempo Totale Lordo		299,33

Nel sottostante grafico a torta si mette in risalto la suddivisione, in percentuale, dei tempi di lavoro effettivi.

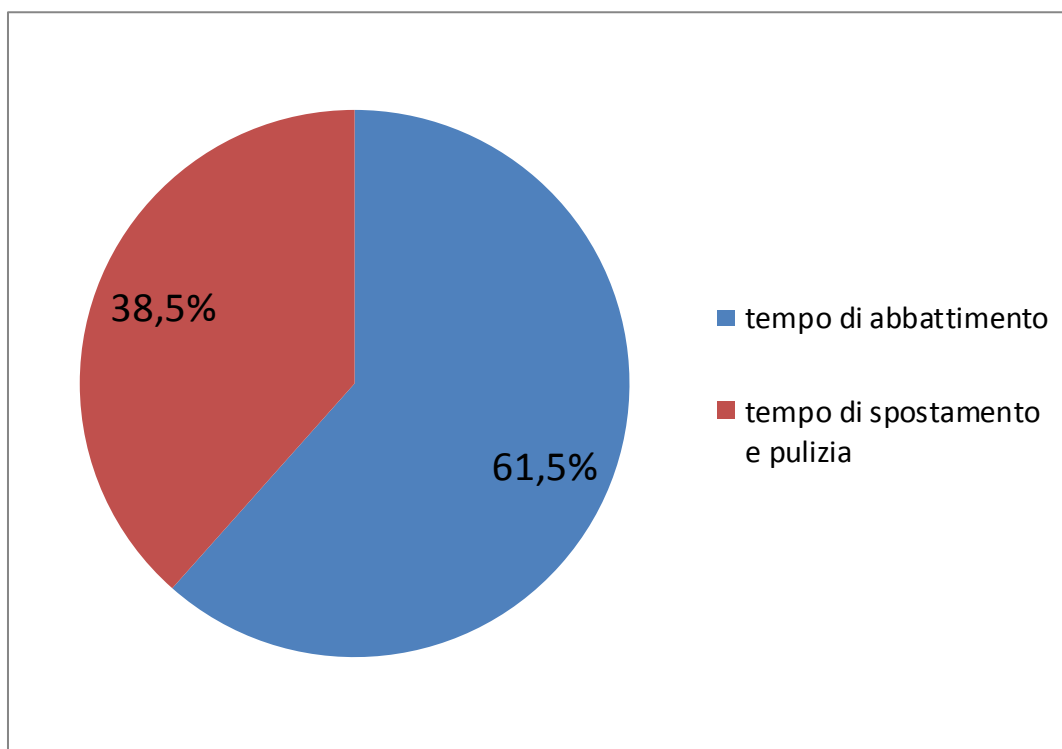


Grafico 12 Composizione percentuale dei tempi di lavoro effettivi

I Tempi Morti Evitabili sono composti esclusivamente dalla scarsa organizzazione dei lavori in bosco.

I Tempi Morti Inevitabili sono costituiti principalmente da solo 2 voci, pause fisiologiche che rappresentano il 46% dei TMI, e rifornimenti che rappresentano il 54% dei TMI.

Osservando da un punto di vista percentuale i tempi morti, si nota che i TME incidono sul tempo totale lordo del 4%, mentre i TMI influiscono su tempo totale lordo del 19%.

5.5.1.2. Concentramento ed esbosco

Per quanto riguarda il concentramento ed esbosco in questo cantiere si è proceduto con l'impiego di uno skidder. Nello specifico sono stati rilevati i seguenti tempi di lavoro:

- 1) Tempo di aggancio;
- 2) Tempo di concentramento;
- 3) Tempo di esbosco;
- 4) Tempo di sgancio;
- 5) Tempo di ritorno scarico.

Inoltre si sono registrati i tempi morti evitabili e i tempi morti inevitabili. Le operazioni di rilievo dei tempi di lavoro a due giornate lavorative.

Dall'analisi dei tempi, riportati nella sottostante tabella, si evince che il tempo medio di esbosco è superiore, rispetto, agli altri tempi rilevati. Questo dato è spiegabile con il fatto che nell'intervento preso in esame la densità è molto vicina a quella iniziale di sesto d'impianto, così la distanza tra una pianta e l'altra è molto esigua e si è cercato non arrecare danni al soprassuolo rimanente.

Il tempo medio di concentramento è superiore sempre per lo stesso motivo, infatti trovandoci in un popolamento molto denso e dovendo esboscare la pianta intera si è cercato di minimizzare al massimo i danni al soprassuolo rimanente.

L'acclività ha influito sul tempo di aggancio ma non su quello di sgancio del carico, infatti con diametri di piante piccoli gli operatori riuscivano formare un carico in maniera abbastanza agevole anche sollevano a mano i calci delle piante e a sganciarlo altrettanto agevolmente ma la prima azione venendo fatta in bosco ha richiesto tempi quasi doppi.

I tempi di lavoro rilevati nelle due giornate sono stati oggetto di indagine statistica con t-test per campioni indipendenti, il test per un numero di 38 cicli contenuti nelle 2 repliche non ha mostrato differenze significative ($p > 0,05$).

Tabella 97 Tempi di concentramento ed esbosco (media $\pm$ deviazione standard)

Descrizione	Unità di misura	Valore
Operatori	n°	3
Macchine	n°	1
Viaggi	n°	38
Media pezzi a viaggio	n°	6
Distanza media a viaggio	m	160
Massa media fresca pianta	kg	51,1
Tempo Medio aggancio	min	1,13 $\pm$ 0,11
Tempo Medio di concentramento		1,15 $\pm$ 0,12
Tempo medio di esbosco		2,94 $\pm$ 0,10
Tempo medio di sgancio		0,70 $\pm$ 0,18
Tempo medio di ritorno scarico		2,57 $\pm$ 0,28
Tempo Morto Evitabile		25,98
Tempo Morto Inevitabile		70,17
Tempo Produttivo		403,97
Tempo Totale Lordo		429,95

Nel sottostante grafico a torta si mette in risalto la suddivisione, in percentuale, dei tempi di lavoro effettivi.

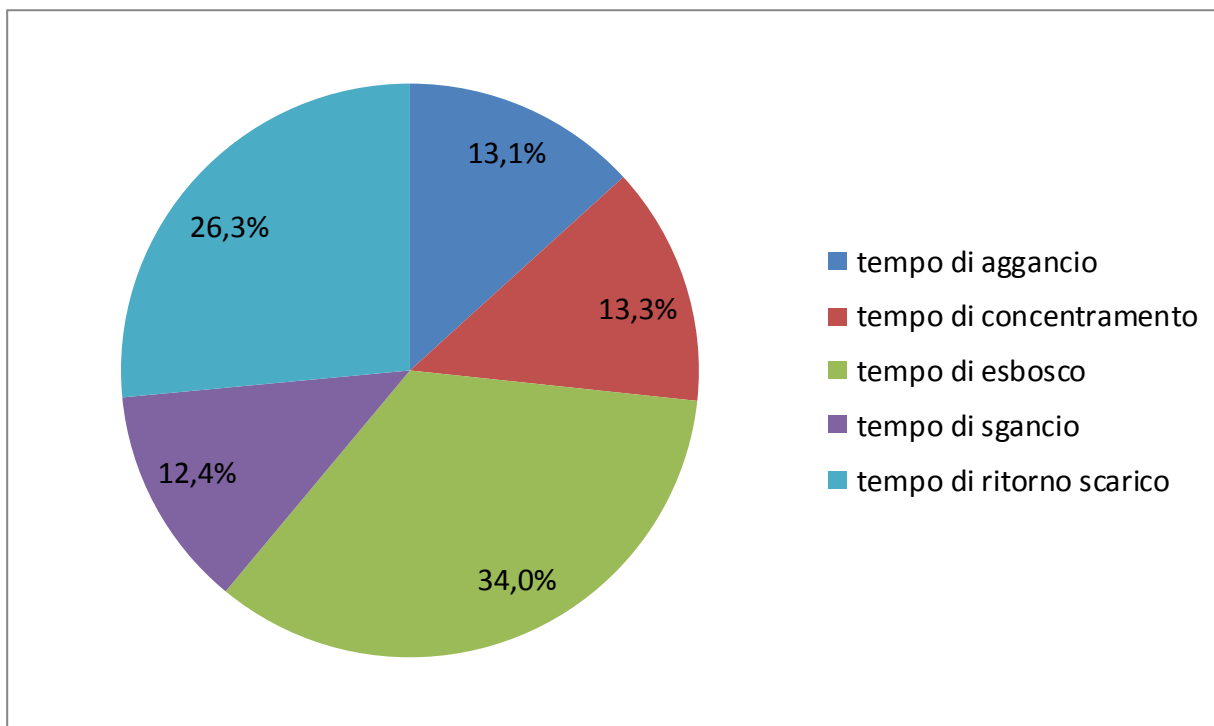


Grafico 13 Composizione percentuale dei tempi di lavoro effettivi

I Tempi Morti Evitabili sono composti principalmente dalla scarsa organizzazione dei lavori in bosco.

I Tempi Morti Inevitabili sono costituiti principalmente da solo 2 voci, pause fisiologiche che rappresentano il 15% dei TMI, e rifornimenti che rappresentano il 85% dei TMI.

Osservando da un punto di vista percentuale i tempi morti, si nota che i TME incidono sul tempo totale lordo del 6%, mentre i TMI influiscono su tempo totale lordo del 16%.

5.5.1.3. Allestimento

Per quanto riguarda l'allestimento considerato come sramatura, sezionatura, sminuzzatura della ramaglia ed accatastamento in questo cantiere sono stati rilevati i seguenti tempi di lavoro:

- 1) Tempo di sramatura;
- 2) Tempo di sezionatura;
- 3) Tempo di accatastamento;
- 4) Tempo di sminuzzatura.

Inoltre si sono registrati i tempi morti evitabili e i tempi morti inevitabili. Le operazioni di rilievo dei tempi di lavoro a due giornate lavorative.

Dall'analisi dei tempi, riportati nella sottostante tabella, si evince che il tempo medio di sramatura è il più basso, rispetto, agli altri tempi rilevati. Questo dato è spiegabile con il fatto che l'intervento preso in esame è assimilabile ad un primo diradamento, quindi la densità è molto vicina a quella iniziale di sesto d'impianto, così la ramosità tra una pianta e l'altra è molto poco accentuata ed ha permesso di avere un tempo medio di allestimento non molto alto.

Le dimensioni delle piante hanno influito molto sul tempo di accatastamento, della legna da ardere, infatti con materiale di piccole dimensioni gli operatori impiegavano un tempo sensibilmente maggiore nella formazione della catasta.

Il tempo medio di sminuzzatura è superiore sempre per lo stesso motivo, infatti le dimensioni minime del materiale da sminuzzare hanno fatto aumentare il tempo che l'operatore impiegava a raccogliere a mano la ramaglia e a formare una massa sufficiente da poter essere spinta nella bocca della sminuzzatrice per essere tritata.

I tempi di lavoro rilevati nelle due giornate sono stati oggetto di indagine statistica con t-test per campioni indipendenti, il test per un numero di 15 cicli contenuti nelle 2 repliche non ha mostrato differenze significative ($p > 0,05$).

Tabella 98 Tempi di allestimento (media $\pm$ deviazione standard)

Descrizione	Unità di misura	Valore
Operatori	n°	2
Macchine	n°	3
Piante	n°	167
Massa media fresca pianta	kg	71,7
Tempo Medio di sramatura	min	0,33 $\pm$ 0,07
Tempo Medio di sezionatura		0,59 $\pm$ 0,12
Tempo medio di accatastamento		0,82 $\pm$ 0,10
Tempo medio di sminuzzatura		0,84 $\pm$ 0,18
Tempo Morto Evitabile		2,65
Tempo Morto Inevitabile		163,78
Tempo Produttivo		595,24
Tempo Totale Lordo		597,89

Nel sottostante grafico a torta si mette in risalto la suddivisione, in percentuale, dei tempi di lavoro effettivi.

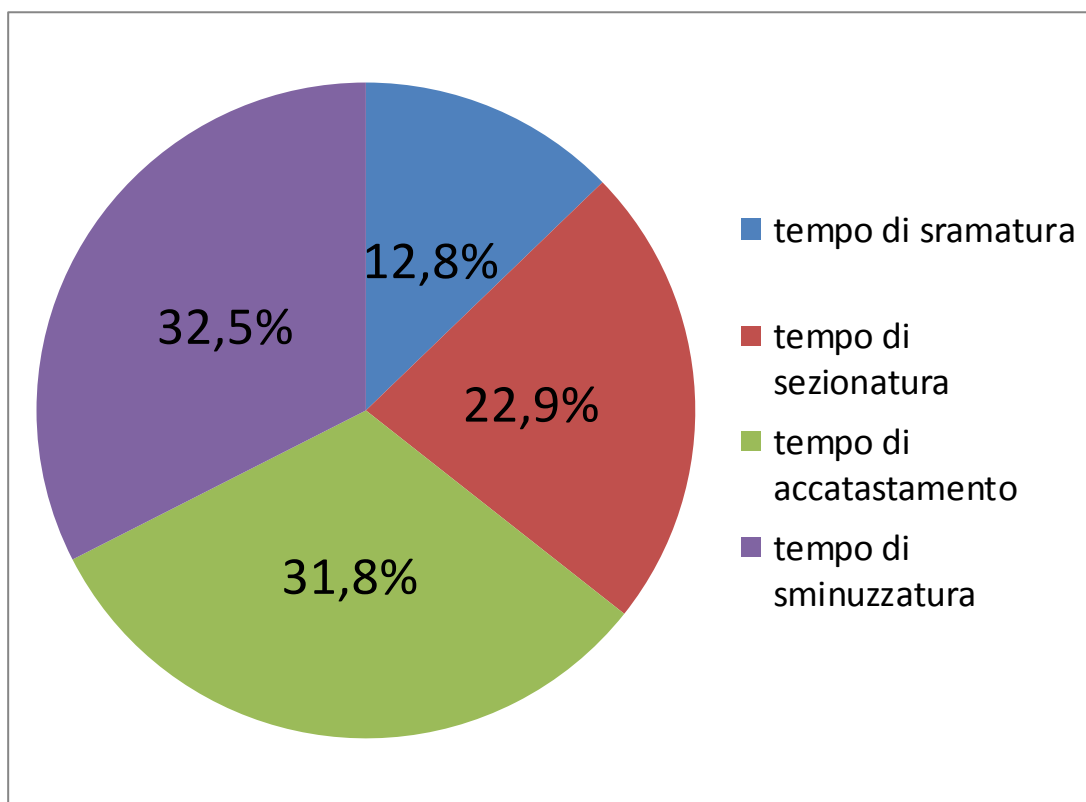


Grafico 14 Composizione percentuale dei tempi di lavoro effettivi

I Tempi Morti Evitabili sono composti principalmente dalla scarsa organizzazione dei lavori in bosco.

I Tempi Morti Inevitabili sono costituiti principalmente da solo 2 voci, pause fisiologiche che rappresentano il 22% dei TMI, e rifornimenti che rappresentano il 78% dei TMI.

Osservando da un punto di vista percentuale i tempi morti, si nota che i TME incidono sul tempo totale lordo del 0,5%, mentre i TMI influiscono su tempo totale lordo del 27%.

5.5.2. Produttività di lavoro

Rifacendosi ai tempi di lavoro, volume e massa, per ogni cantiere forestale preso in esame, è stata calcolata la produttività media oraria per ogni operaio nel cantiere, determinando la produttività media lorda (PHS_{15} productivity) e la produttività media netta (PHS_0 productivity).

Le produttività sono state calcolate in due unità di misura differenti sulla base dei differenti dati di partenza:

- $t_{u35\%}.h^{-1}operaio^{-1}$, cioè la produttività, in tonnellate di legno ad una umidità corrispondente a quella di raccolta (e di volta in volta specificata), per ogni ora di lavoro di un singolo operaio;
- $t_{s,s}.h^{-1}operaio^{-1}$, cioè la produttività, in tonnellate di legno allo stato anidro, per ogni ora di lavoro di ogni singolo operaio.

5.5.2.1. *Abbattimento*

In questo cantiere la produttività durante l'operazione di abbattimento denota valori con pochi margini di miglioramento, in quanto si denotano pochi tempi morti evitabili che influenzano la produttività finale.

Tabella 99 Produttività nell'operazione di abbattimento riferita alla squadra di lavoro di due operatori

Descrizione	Unità di misura	Valore
PHS₁₅	$t_{u35\%}.h^{-1}operaio^{-1}$	3,23
	$t_{s,s}.h^{-1}operaio^{-1}$	2,10
PHS₀	$t_{u35\%}.h^{-1}operaio^{-1}$	3,64
	$t_{s,s}.h^{-1}operaio^{-1}$	2,36

5.5.2.2. *Concentramento ed esbosco*

In questo cantiere la produttività durante l'operazione di concentramento ed esbosco denota valori con piccoli margini di miglioramento, in quanto si denotano bassi tempi morti evitabili che influenzano la produttività finale.

Tabella 100 Produttività nell'operazione di concentramento ed esbosco riferita alla squadra di lavoro di tre operatori

Descrizione	Unità di misura	Valore
PHS₁₅	$t_{u35\%}.h^{-1}operaio^{-1}$	0,65
	$t_{s,s}.h^{-1}operaio^{-1}$	0,42
PHS₀	$t_{u35\%}.h^{-1}operaio^{-1}$	0,75
	$t_{s,s}.h^{-1}operaio^{-1}$	0,49

5.5.2.3. Allestimento In questo cantiere la produttività durante l'operazione di allestimento denota valori con piccoli margini di miglioramento, in quanto si denotano bassi tempi morti evitabili che influenzano la produttività finale.

Tabella 101 Produttività nell'operazione di allestimento riferita alla squadra di lavoro di due operatori

Descrizione	Unità di misura	Valore
PHS₁₅	$t_{u35\%} \cdot h^{-1} \text{operaio}^{-1}$	0,72
	$t_{s,s} \cdot h^{-1} \text{operaio}^{-1}$	0,47
PHS₀	$t_{u35\%} \cdot h^{-1} \text{operaio}^{-1}$	0,83
	$t_{s,s} \cdot h^{-1} \text{operaio}^{-1}$	0,54

5.5.3. Analisi energetica

Utilizzando la metodologia di calcolo della richiesta lorda di energia (GER), illustrata precedentemente nel capitolo delle metodologie di ricerca, si è redatta la richiesta energetica dei cantieri presi in esame in questo studio.

5.5.3.1. Abbattimento

Le analisi energetiche condotte per l'operazione di abbattimento hanno riguardato nello specifico le analisi dell'unica macchina impiegata in questa operazione la motosega.

Tabella 102 Tabella analitica delle macchine impiegate per il calcolo degli input energetici

	Motosega per abbattimento
Massa (kg)	6,5
Durata tecnica (h)	2000
Modello	Husqvarna
Potenza (kW)	2,7
Input (MJ·kg⁻¹)	153,07
Consumo specifico (kg ·kW⁻¹ ·h⁻¹)	0,35

Una volta evidenziati i valori caratteristici dell'impiego di questa macchina, si è provveduto a farli interagire con i tempi effettivi di impiego sul cantiere e le quantità di legno utilizzato durante l'utilizzazione.

Tabella 103 Input in MJ/ts.s. rilevati per l'operazione di abbattimento

Input in MJ/t_{s.s.}			
	Input diretti	Input indiretti	Input totali
Area 2C	45,4	0,2	45,6

5.5.3.2. Concentramento ed esbosco

Le analisi energetiche condotte per l'operazione di concentramento ed esbosco hanno riguardato nello specifico le analisi dell'unica macchina impiegata in questa operazione lo skidder.

Tabella 104 Tabella analitica delle macchine impiegate per il calcolo degli input energetici

	Trattore
Massa (t)	1,98
Durata tecnica (h)	10000
Modello	Ranger F65
Potenza (kW)	86,5
Input (MJ·kg⁻¹)	142,10
Consumo specifico (kg ·kW⁻¹ ·h⁻¹)	0,25

Una volta evidenziati i valori caratteristici dell'impiego di questa macchina, si è provveduto a farli interagire con i tempi effettivi di impiego sul cantiere e le quantità di legno utilizzato durante l'utilizzazione.

Tabella 105 Input in MJ/ts.s. rilevati per l'operazione di concentramento ed esbosco

Input in MJ/t_{s.s.}

	Input diretti	Input indiretti	Input totali
Area 2C	50,2	18,4	68,6

5.5.3.3. Allestimento Le analisi energetiche condotte per l'operazione di allestimento hanno riguardato nello specifico le analisi delle macchine impiegate, una motosega, una sminuzzatrice ed un trattore agricolo.

Tabella 106 Tabella analitica delle macchine impiegate per il calcolo degli input energetici

	Motosega per allestimento
Massa (kg)	6,5
Durata tecnica (h)	2000
Modello	Husqvarna
Potenza (kW)	2,7
Input (MJ·kg⁻¹)	153,07
Consumo specifico (kg ·kW⁻¹ ·h⁻¹)	0,35

Tabella 107 Tabella analitica delle macchine impiegate per il calcolo degli input energetici

	Trattore
Massa (t)	1,9
Durata tecnica (h)	10000
Modello	Landini vision 105
Potenza (kW)	72,5
Input (MJ·kg⁻¹)	130,12
Consumo specifico (kg ·kW⁻¹ ·h⁻¹)	0,25

Tabella 108 Tabella analitica delle macchine impiegate per il calcolo degli input energetici

	Sminuzzatrice
Massa (t)	0,6
Durata tecnica (h)	10000
Modello	Green Produzione CIP1500
Potenza richiesta (kW)	30
Input (MJ·kg⁻¹)	65,35

Una volta evidenziati i valori caratteristici dell'impiego di queste macchine, si è provveduto a farli interagire con i tempi effettivi di impiego sul cantiere e le quantità di legno utilizzato durante l'utilizzazione.

Tabella 109 Input in MJ/ts.s. rilevati per l'operazione di allestimento

Input in MJ/t_{s.s.}			
	Input diretti	Input indiretti	Input totali
Area 2C	76,5	0,1	76,6

5.5.4. Analisi dei costi di utilizzazione

Per ogni operazione di utilizzazione sono stati calcolati i costi delle macchine utilizzate in base alla metodologia Hippoliti (1997).

5.5.4.1. Abbattimento

Riguardo l'abbattimento si è proceduto al calcolo dei costi orari della motosega Husqvarna 346XP utilizzata.

Tabella 110 costi motosega secondo Hippoliti, 1997

<i>Parametri di calcolo</i>	<i>Simboli</i>	<i>Formule</i>	<i>Unità</i>	
Valore a nuovo della macchina	Vt		[€]	882,00
Saggio di interesse	r			0,03
Prezzo combustibile	Pc		[€/l]	2,00
Prezzo lubrificante	Pl		[€/l]	1,80
Costo annuo materiali di rapido consumo	Ra		[€/anno]	350,00
Periodo di reintegra	N		[anni]	3
Durata tecnica	D		[h]	2.000
Coefficiente di riparazione	s			0,7
Percentuale spese varie (ass., rimessa, ecc...)	v		[%]	0,00
Parametro per il calcolo degli interessi	y			0,5
Consumo giornaliero carburante (miscela)	CCd		[l]	4,0
Consumo giornaliero lubrificante	CLd		[l]	2,0
Ore effettive di impiego al giorno	g		[h/d]	5
Giorni effettivi di impiego all'anno	G		[d/anno]	120
Ore effettive di impiego all'anno	n	$G \cdot g$	[h/anno]	600
COSTI FISSI				
Quota di reintegra annua	Aa	Vt/N	[€/anno]	294,00
Quota di reintegra oraria	Ao	Aa/n	[€/h]	0,49
Quota annua interessi sul capitale	Ia	$Vt \cdot y \cdot r$	[€/anno]	13,23
Quota oraria interessi sul capitale	Io	Ia/n	[€/h]	0,02
Quota annua spese varie	Sva	$Vt \cdot v$	[€/anno]	0,00
Quota oraria spese varie	Svo	Sva/n	[€/h]	0,00
Totale costi fissi annui	Cfa	$Aa + Ia + Sva$	[€/anno]	307,23
TOTALE COSTI FISSI ORARI	Cfo	Cfa/n	[€/h]	0,51
COSTI VARIABILI ORARI				
Quota giornaliera materiale rapido consumo	Rd	Ra/G	[€/d]	2,92
Quota oraria materiale rapido consumo	Ro	$Ra/n = Rd/g$	[€/h]	0,58
Quota giornaliera manutenzioni e riparazioni	Md	$(Vt/D) \cdot g \cdot s$	[€/d]	1,54
Quota oraria manutenzioni e riparazioni	Mo	Md/g	[€/h]	0,31
Quota giornaliera carburante (miscela)	COCd	$Pc \cdot CCd$	[€/d]	8,00
Quota oraria carburante (miscela)	COC	$COCd/g$	[€/h]	1,60
Quota giornaliera lubrificanti	COLd	$Pl \cdot CLd$	[€/d]	3,60
Quota oraria lubrificanti	COL	$COLd/g$	[€/h]	0,72
Totale costi variabili giornalieri	Cvd	$Rd + Md + COCd + COLd$	[€/d]	16,06
TOTALE COSTI VARIABILI ORARI	Cvo	$Ro + Mo + COC + COL$	[€/h]	3,21
TOTALE COSTI ORARI MACCHINA		$Cfo + Cvo$	[€/h]	3,72

Per il calcolo del costo della manodopera ci si è basati su quanto esposto al capitolo precedente. Operaio specializzato 18 €/h e operaio generico 13 €/h. Stessa cosa è stata fatta per i costi riguardanti la sicurezza.

Sono stati calcolati i costi orari relativi a:

- casco protettivo completo di cuffie e visiera;
- salopette antitaglio;
- guanti protettivi;
- scarponi rinforzati con puntale in acciaio.

Tabella 111 Costi dei dispositivi di protezione individuale

Dispositivi di protezione individuale (DPI)				
	Casco	Salopette	Guanti	Scarpe
	[€/h]	[€/h]	[€/h]	[€/h]
Costi fissi orari	0,02	0,05	0,02	0,03
Costi variabili orari	0,01	0,04	0,02	0,03
Costi orari totali	0,03	0,09	0,04	0,06

Dalla tabella precedente possiamo osservare come i dispositivi di protezione individuale non influenzino in maniera cospicua il valore di costo orario di un'operazione, tuttavia non è possibile tralasciarne il calcolo, infatti, così facendo si andrebbe incontro ad una, anche se lieve, sottostima dei costi effettivi.

5.5.4.2. Concentramento ed esbosco

Riguardo il concentramento ed esbosco si è proceduto al calcolo dei costi orari dello skidder.

Tabella 112 Costi trattore forestale secondo Hippoliti, 1997

<i>Parametri di calcolo</i>	<i>Simboli</i>	<i>Formule</i>	<i>Unità</i>	
Valore a nuovo della macchina	Vt		[€]	110.000,00
Saggio d'interesse	r			0,03
Prezzo gasolio	Pc		[€/l]	1,20
Prezzo lubrificante ⁽¹⁾	Pl		[€/l]	11,00
Costo annuo materiali di rapido consumo (pneumatici, funi)	Ra		[€/anno]	1200,00
Periodo di reintegra	N		[anni]	10
Durata tecnica	D		[h]	10.000
Coefficiente di riparazione	s			0,80
Spese varie (ass., ricovero, tasse, ecc...)	v		[%]	0,02
Parametro per il calcolo degli interessi	y			0,5
Consumo giornaliero carburante (gasolio)	CCd		[l]	31
Consumo giornaliero lubrificante	CLd		[l]	0,9
Ore effettive di impiego al giorno	g		[h/d]	5
Giorni effettivi di impiego all'anno	G		[d/anno]	100
Ore effettive di impiego all'anno	n	$G \cdot g$	[h/anno]	500
COSTI FISSI				
Quota di reintegra annua	Aa	Vt/N	[€/anno]	11.000,00
Quota di reintegra oraria	Ao	Aa/n	[€/h]	22,00
Quota annua interessi sul capitale	Ia	$Vt \cdot y \cdot r$	[€/anno]	1.650,00
Quota oraria interessi sul capitale	Io	Ia/n	[€/h]	3,30
Quota annua spese varie	Sva	$Vt \cdot v$	[€/anno]	2.200,00
Quota oraria spese varie	Svo	Sva/n	[€/h]	4,40
Totale costi fissi annui	Cfa	$Aa + Ia + Sva$	[€/anno]	14.850,00
TOTALE COSTI FISSI ORARI	Cfo	Cfa/n	[€/h]	29,70
COSTI VARIABILI ORARI				
Quota giornaliera manutenzioni e riparazioni	Md	$(Vt/D) \cdot g \cdot s$	[€/d]	44,00
Quota oraria manutenzioni e riparazioni	Mo	Md/g	[€/h]	8,80
Quota giornaliera carburante (gasolio)	COCd	$Pc \cdot CCd$	[€/d]	37,20
Quota oraria carburante (gasolio)	COC	$COCd/g$	[€/h]	7,44
Quota giornaliera lubrificanti	COLd	$Pl \cdot CLd$	[€/d]	10,23
Quota oraria lubrificanti	COL	$COLd/g$	[€/h]	2,05
Quota giornaliera materiale rapido consumo (pneumatici, funi)	Rd	Ra/G	[€/d]	12,00
Quota oraria materiale rapido consumo (pneumatici, funi)	Ro	$Ra/n = Rd/g$	[€/h]	2,40
Totale costi variabili giornalieri	Cvd	$Rd + Md + COCd + COLd$	[€/d]	103,43
TOTALE COSTI VARIABILI ORARI	Cvo	Cvd/g	[€/h]	20,69
TOTALE COSTI ORARI MACCHINA		$Cfo + Cvo$	[€/h]	50,39

⁽¹⁾ Prezzo ottenuto come media ponderata tra quello dell'olio motore e quello dell'olio cambio.

Per il calcolo del costo della manodopera ci si è basati su quanto esposto al capitolo precedente. Operaio specializzato 18 €/h e operaio generico 13 €/h. Stessa cosa è stata fatta per i costi riguardanti la sicurezza.

Sono stati calcolati i costi orari relativi a:

- casco protettivo completo di cuffie e visiera;
- guanti protettivi;
- scarponi rinforzati con puntale in acciaio.

Tabella 113 Costi dei dispositivi di protezione individuale.

Dispositivi di protezione individuale (DPI)			
	Casco	Guanti	Scarpe
	[€/h]	[€/h]	[€/h]
Costi fissi orari	0,02	0,02	0,03
Costi variabili orari	0,01	0,02	0,03
Costi orari totali	0,03	0,04	0,06

Dalla tabella precedente possiamo osservare come i dispositivi di protezione individuale non influenzino in maniera cospicua il valore di costo orario di un'operazione, tuttavia non è possibile tralasciarne il calcolo, infatti, così facendo si andrebbe incontro ad una, anche se lieve, sottostima dei costi effettivi.

5.5.4.3. Allestimento

Riguardo l'allestimento si è proceduto al calcolo dei costi orari delle macchine impiegate.

Tabella 114 costi motosega secondo Hippoliti, 1997

<i>Parametri di calcolo</i>	<i>Simboli</i>	<i>Formule</i>	<i>Unità</i>	
Valore a nuovo della macchina	Vt		[€]	882,00
Saggio di interesse	r			0,03
Prezzo combustibile	Pc		[€/l]	2,00
Prezzo lubrificante	Pl		[€/l]	1,80
Costo annuo materiali di rapido consumo	Ra		[€/anno]	350,00
Periodo di reintegra	N		[anni]	3
Durata tecnica	D		[h]	2.000
Coefficiente di riparazione	s			0,7
Percentuale spese varie (ass., rimessa, ecc...)	v		[%]	0,00
Parametro per il calcolo degli interessi	y			0,5
Consumo giornaliero carburante (miscela)	CCd		[l]	4,0
Consumo giornaliero lubrificante	CLd		[l]	2,0
Ore effettive di impiego al giorno	g		[h/d]	5
Giorni effettivi di impiego all'anno	G		[d/anno]	120
Ore effettive di impiego all'anno	n	$G \cdot g$	[h/anno]	600
COSTI FISSI				
Quota di reintegra annua	Aa	Vt/N	[€/anno]	294,00
Quota di reintegra oraria	Ao	Aa/n	[€/h]	0,49
Quota annua interessi sul capitale	Ia	$Vt \cdot y \cdot r$	[€/anno]	13,23
Quota oraria interessi sul capitale	Io	Ia/n	[€/h]	0,02
Quota annua spese varie	Sva	$Vt \cdot v$	[€/anno]	0,00
Quota oraria spese varie	Svo	Sva/n	[€/h]	0,00
Totale costi fissi annui	Cfa	$Aa + Ia + Sva$	[€/anno]	307,23
TOTALE COSTI FISSI ORARI	Cfo	Cfa/n	[€/h]	0,51
COSTI VARIABILI ORARI				
Quota giornaliera materiale rapido consumo	Rd	Ra/G	[€/d]	2,92
Quota oraria materiale rapido consumo	Ro	$Ra/n = Rd/g$	[€/h]	0,58
Quota giornaliera manutenzioni e riparazioni	Md	$(Vt/D) \cdot g \cdot s$	[€/d]	1,54
Quota oraria manutenzioni e riparazioni	Mo	Md/g	[€/h]	0,31
Quota giornaliera carburante (miscela)	COCd	$Pc \cdot CCd$	[€/d]	8,00
Quota oraria carburante (miscela)	COC	$COCd/g$	[€/h]	1,60
Quota giornaliera lubrificanti	COLd	$Pl \cdot CLd$	[€/d]	3,60
Quota oraria lubrificanti	COL	$COLd/g$	[€/h]	0,72
Totale costi variabili giornalieri	Cvd	$Rd + Md + COCd + COLd$	[€/d]	16,06
TOTALE COSTI VARIABILI ORARI	Cvo	$Ro + Mo + COC + COL$	[€/h]	3,21
TOTALE COSTI ORARI MACCHINA		$Cfo + Cvo$	[€/h]	3,72

Tabella 115 costi trattore agricolo secondo Hippoliti, 1997

<i>Parametri di calcolo</i>	<i>Simboli</i>	<i>Formule</i>	<i>Unità</i>	
Valore a nuovo della macchina	Vt		[€]	70.000,00
Saggio d'interesse	r			0,03
Prezzo gasolio	Pc		[€/l]	1,20
Prezzo lubrificante ⁽¹⁾	Pl		[€/l]	11,00
Costo annuo materiali di rapido consumo (pneumatici, funi)	Ra		[€/anno]	1.750,00
Periodo di reintegra	N		[anni]	10
Durata tecnica	D		[h]	10.000
Coefficiente di riparazione	s			0,80
Spese varie (ass., ricovero, tasse, ecc...)	v		[%]	0,02
Parametro per il calcolo degli interessi	y			0,5
Consumo giornaliero carburante (gasolio)	CCd		[l]	55,0
Consumo giornaliero lubrificante	CLd		[l]	1,7
Ore effettive di impiego al giorno	g		[h/d]	5
Giorni effettivi di impiego all'anno	G		[d/anno]	100
Ore effettive di impiego all'anno	n	$G \cdot g$	[h/anno]	500
COSTI FISSI				
Quota di reintegra annua	Aa	Vt/N	[€/anno]	7.000,00
Quota di reintegra oraria	Ao	Aa/n	[€/h]	14,00
Quota annua interessi sul capitale	Ia	$Vt \cdot y \cdot r$	[€/anno]	1.050,00
Quota oraria interessi sul capitale	Io	Ia/n	[€/h]	2,10
Quota annua spese varie	Sva	$Vt \cdot v$	[€/anno]	1.400,00
Quota oraria spese varie	Svo	Sva/n	[€/h]	2,80
Totale costi fissi annui	Cfa	$Aa + Ia + Sva$	[€/anno]	9.450,00
TOTALE COSTI FISSI ORARI	Cfo	Cfa/n	[€/h]	18,90
COSTI VARIABILI ORARI				
Quota giornaliera manutenzioni e riparazioni	Md	$(Vt/D) \cdot g \cdot s$	[€/d]	28,00
Quota oraria manutenzioni e riparazioni	Mo	Md/g	[€/h]	5,60
Quota giornaliera carburante (gasolio)	COCd	$Pc \cdot CCd$	[€/d]	66,00
Quota oraria carburante (gasolio)	COC	$COCd/g$	[€/h]	13,20
Quota giornaliera lubrificanti	COLd	$Pl \cdot CLd$	[€/d]	18,15
Quota oraria lubrificanti	COL	$COLd/g$	[€/h]	3,63
Quota giornaliera materiale rapido consumo (pneumatici, funi)	Rd	Ra/G	[€/d]	17,50
Quota oraria materiale rapido consumo (pneumatici, funi)	Ro	$Ra/n = Rd/g$	[€/h]	3,50
Totale costi variabili giornalieri	Cvd	$Rd + Md + COCd + COLd$	[€/d]	129,65
TOTALE COSTI VARIABILI ORARI	Cvo	Cvd/g	[€/h]	25,93
TOTALE COSTI ORARI MACCHINA		$Cfo + Cvo$	[€/h]	44,83

⁽¹⁾ Prezzo ottenuto come media ponderata tra quello dell'olio motore e quello dell'olio cambio.

Tabella 116 costi sminuzzatrice secondo Hippoliti, 1997

Sminuzzatrice secondo Hippoliti, 1997				
<i>Parametri di calcolo</i>	<i>Simboli</i>	<i>Formule</i>	<i>Unità</i>	
Valore a nuovo della macchina	Vt		€	30.000,00
Saggio d'interesse	r			0,03
Prezzo gasolio	Pc		€/l	0,00
Prezzo lubrificante ⁽¹⁾	Pl		€/l	11
Costo annuo materiali di rapido consumo	Ra		€/anno	750,00
Periodo di reintegra	N		anni	8
Durata tecnica	D		h	8.000
Coefficiente di riparazione	s			0,80
Spese varie (ass., ricovero, tasse, ecc...)	v		%	0,02
Parametro per il calcolo degli interessi	y			0,5
Consumo giornaliero carburante (gasolio)	CCd		l	
Consumo giornaliero lubrificante	CLd		l	1,1
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	$G \cdot g$	h/anno	452
COSTI FISSI				
Quota di reintegra annua	Aa	Vt/N	€/anno	3.750,00
Quota di reintegra oraria	Ao	Aa/n	€/h	8,30
Quota annua interessi sul capitale	Ia	$Vt \cdot y \cdot r$	€/anno	450,00
Quota oraria interessi sul capitale	Io	Ia/n	€/h	1,00
Quota annua spese varie	Sva	$Vt \cdot v$	€/anno	600,00
Quota oraria spese varie	Svo	Sva/n	€/h	1,33
Totale costi fissi annui	Cfa	$Aa + Ia + Sva$	€/anno	4.800,00
TOTALE COSTI FISSI ORARI	Cfo	Cfa/n	€/h	10,62
COSTI VARIABILI ORARI				
Quota giornaliera manutenzioni e riparazioni	Md	$(Vt/D) \cdot g \cdot s$	€/d	12,00
Quota oraria manutenzioni e riparazioni	Mo	Md/g	€/h	3,00
Quota giornaliera carburante (gasolio)	COCd	$Pc \cdot CCd$	€/d	0,00
Quota oraria carburante (gasolio)	COC	$COCd/g$	€/h	0,00
Quota giornaliera lubrificanti	COLd	$Pl \cdot CLd$	€/d	12,10
Quota oraria lubrificanti	COL	$COLd/g$	€/h	3,03
Quota giornaliera materiale rapido consumo (coltelli)	Rd	Ra/G	€/d	6,64
Quota oraria materiale rapido consumo (coltelli)	Ro	$Ra/n = Rd/g$	€/h	1,66
Totale costi variabili giornalieri	Cvd	$Rd + Md + COCd + COLd$	€/d	30,74
TOTALE COSTI VARIABILI ORARI	Cvo	Cvd/g	€/h	7,68
TOTALE COSTI ORARI MACCHINA		$Cfo + Cvo$	€/h	18,30

Per il calcolo del costo della manodopera ci si è basati su quanto esposto al capitolo precedente. Operaio specializzato 18 €/h e operaio generico 13 €/h. Stessa cosa è stata fatta per i costi riguardanti la sicurezza.

Sono stati calcolati i costi orari relativi a:

- casco protettivo completo di cuffie e visiera;
- salopette antitaglio;
- guanti protettivi;
- scarponi rinforzati con puntale in acciaio.

Tabella 117 Costi dei dispositivi di protezione individuale

Dispositivi di protezione individuale (DPI)				
	Casco	Salopette	Guanti	Scarpe
	[€/h]	[€/h]	[€/h]	[€/h]
Costi fissi orari	0,02	0,05	0,02	0,03
Costi variabili orari	0,01	0,04	0,02	0,03
Costi orari totali	0,03	0,09	0,04	0,06

Dalla tabella precedente possiamo osservare come i dispositivi di protezione individuale non influenzino in maniera cospicua il valore di costo orario di un'operazione, tuttavia non è possibile tralasciarne il calcolo, infatti, così facendo si andrebbe incontro ad una, anche se lieve, sottostima dei costi effettivi.

6. Discussione

6.1. Area sperimentale n°1

I valori delle produttività (lorda e netta) di ogni replica sono stati comparati con dati di letteratura di altri cantieri di utilizzazione sempre in contesto di un bosco ceduo di *Q. Cerris* (Calafatello et al. 2005, Fabiano et al. 2002, Piegai 2005, Piegai 2008). Problemi di natura tecnica nell'uso del trattore forestale, nella replica B, hanno aggravato il tempo di allestimento, in particolare durante le fasi di aggancio delle piante e di concentramento al verricello, mentre il concentramento, nella replica A, con trattore equipaggiato con gabbia è proceduto senza particolari problemi.

6.1.1. Produttività

La più alta produttività, sia lorda che netta, è stata riscontrata nel cantiere con il metodo tradizionale di utilizzo del legno corto. In parte questo risultato può essere spiegato con il fatto che essendo l'intervento un diradamento, il Ranger è risultato essere una macchina troppo ingombrante e poco maneggevole per questo tipo di soprassuolo. La movimentazione in bosco del Ranger, per evitare danni alle piante rimanenti ha comportato ritardi e rallentamenti nelle diverse fasi di lavoro. Il metodo di utilizzazione tradizionale con trattore munito di gabbia non ha avuto particolari inconvenienti.

Tabella 118 Tabella riassuntiva del confronto delle produttività dell'Area 1 nelle repliche A e B della prima particella.

Descrizione	Unità di misura	A	B
PHS ₁₅	$t_{u35\%}.h^{-1}$	1,75	0,95
	$t_{s.s}.h^{-1}$	1,14	0,62
PHS ₀	$t_{u35\%}.h^{-1}$	1,91	1,08
	$t_{s.s}.h^{-1}$	1,24	0,70

6.1.2. Analisi energetica

Gli input energetici mostrano un quasi totale contributo degli input diretti rispetto agli input indiretti, per entrambe le repliche effettuate.

Tabella 119 Tabella di confronto degli input energetici generati dalle due repliche sperimentale della prima particella.

Input in MJ/t_{s.s.}			
	Input diretti	Input indiretti	Input totali
Replica A	107,4	7,0	114,4
Replica B	168,3	18,6	186,9

6.1.3. Analisi dei costi di utilizzazione

I costi di utilizzazione dell'area 1 sono riportati nella tabella sottostante. IL sistema più economico risulta essere quello con trattore munito di gabbia. Il costo per unità di massa nella fase di abbattimento della replica A (9,93 €/t_{u35%}) include al suo interno anche l'allestimento del materiale che per specificità del ciclo di lavoro è stato svolto contemporaneamente. Per questo motivo il suo costo è il 53% più elevato di quello della replica B. Il concentramento ed esbosco effettuato con il trattore agricolo munito di gabbia (replica A) è stato, anche se si poco più costoso (25,64 €/t_{u35%}) rispetto alla stessa operazione effettuata nella replica B con trattore forestale e verricello (21,64 €/t_{u35%}). L'elevato costo di 65,67 €/t_{u35%} nella fase di allestimento può essere in parte spiegato dall'utilizzo della sminuzzatrice, macchina fuori limite di operatività economica in questo tipo di soprassuoli.

Tabella 120 Costi di utilizzazione dei cantieri della prima particella, a confronto.

Costi di utilizzazione €/t_{u35%}		
Operazione	Replica A	Replica B
Abbattimento	9,93*	4,63
Concentramento ed Esbosco	25,64	21,64
Allestimento	–	65,67
Totale	35,57	91,94
*Comprende l'allestimento		

6.2. Area sperimentale n°2

I valori delle produttività (lorda e netta) di ogni replica sono stati comparati con dati di letteratura di altri cantieri di utilizzazione sempre in contesto di un bosco ceduo di *Q. Cerris* (Calafatello et al. 2005, Fabiano et al. 2002, Piegai 2005, Piegai 2008). Problemi di natura

tecnica nell'uso delle teleferiche, nella repliche A e B, hanno aggravato il tempo di esbosco, in particolare durante le fasi di aggancio delle piante e di concentramento del carico alla strada, mentre l'esbosco con trattore forestale munito di verricello è proceduto senza particolari problemi.

6.2.1. Produttività Area 2

La produttività lorda e netta delle gru a cavo, è al limite della operatività tecnica ed economica nell'area considerata, per la quantità del materiale esboscabile e per le caratteristiche del territorio in esame. Tra i due modelli esaminati, comunque, è da preferire la gru a cavo leggera della replica B ($0,65 \text{ t}_{s,s} \cdot \text{h}^{-1}$) rispetto alla gru a cavo a stazione motrice mobile della replica B ($0,61 \text{ t}_{s,s} \cdot \text{h}^{-1}$). Nella replica C che mostra, per questa particella, la più bassa si è produttività riscontrata ($0,55 \text{ t}_{s,s} \cdot \text{h}^{-1}$).

Tabella 121 Tabella riassuntiva del confronto delle produttività dell'Area 2 nelle repliche A B e C.

Descrizione	Unità di misura	A	B	C
PHS₁₅	$t_{u35\%} \cdot \text{h}^{-1}$	0,73	0,71	0,73
	$t_{s,s} \cdot \text{h}^{-1}$	0,48	0,46	0,48
PHS₀	$t_{u35\%} \cdot \text{h}^{-1}$	0,99	0,93	0,84
	$t_{s,s} \cdot \text{h}^{-1}$	0,65	0,61	0,55

6.2.2. Analisi energetica Area 2

Gli input energetici mostrano un quasi totale contributo degli input diretti rispetto agli input indiretti, per tutte e tre le repliche effettuate.

Tabella 122 Tabella di confronto degli input energetici generati dalle tre repliche sperimentale della seconda particella.

Input in MJ/ $t_{s,s}$			
	Input diretti	Input indiretti	Input totali
Replica A	414,5	30,6	445,1
Replica B	420,4	38,6	459
Replica C	172,1	18,7	190,8

6.2.3. Analisi dei costi di utilizzazione Area 2

I costi di utilizzazione dell'area 2 sono riportati nella tabella sottostante. IL sistema più economico risulta essere quello con trattore forestale e verricello. Il costo per unità di massa nella fase di abbattimento (5,53 €/t_{u35%}) uguale in tutte e tre le repliche della seconda particella in quanto, questa operazione è stata effettuata con le stesse modalità e negli stessi tempi per tutti i cantieri oggetto di studio. Per specificità del ciclo di lavoro e per progettazione logistica del lavoro è stata svolta contemporaneamente anche la fase di allestimento del materiale abbattuto che ha compreso la sramatura, la depezzatura, l'accatastamento della legna e sminuzzatura della ramaglia infatti ha fatto registrare gli stessi costi di utilizzazione (68,26 €/t_{u35%}) per unità di massa. In questo modo si è potuto concentrare l'attenzione sulla fase di esbosco e concentramento fase assai critica delle utilizzazioni forestali e sul lavoro delle specifiche macchine, specializzate, impiegate. Dai calcoli effettuati, quindi, la replica più costosa è risultata essere la B dove l'esbosco è stato effettuato con la teleferica Valentini V 400 (77,82 €/t_{u35%}). L'altra teleferica impiegata, la Savall, è risultata essere, anche se di poco, meno costosa (69,33 €/t_{u35%}), replica A. L'utilizzazione più economica è risultata essere operazione effettuata nella replica C con trattore forestale e verricello (48,51 €/t_{u35%}).

Tabella 123 Costi di utilizzazione dei cantieri della seconda particella, a confronto

Costi di utilizzazione €/t _{u35%}			
Operazione	Replica A	Replica B	Replica C
Abbattimento	5,53	5,53	5,53
Esbosco e Concentramento	69,33	77,82	48,51
Allestimento	68,26	68,26	68,26
Totale	143,12	151,61	122,30

7. Conclusioni

Le variabili principali da esaminare per la scelta finale dei mezzi da impiegare nelle operazioni di concentramento ed esbosco sono diverse. In questa tesi sono stati valutati soprattutto i fattori territoriali, ma un ruolo importante è svolto anche dalla massa legnosa presente al momento del taglio, dagli impatti ambientali relativi all'esecuzione dei lavori, così come dalla superficie interessata dalle utilizzazioni e dal costo dell'intervento (Civitarese et al. 2006). Nel caso in esame, l'orografia e le infrastrutture presenti sul territorio hanno influito non poco sulle scelte dei mezzi da impiegare nelle operazioni di concentramento ed esbosco. In questo studio è stata condotta un'analisi della produttività, un'analisi energetica e un'analisi dei costi delle utilizzazioni forestali esaminate su due particelle differenti mettendo a confronto cinque diversi sistemi di esbosco. Da un punto di vista energetico il miglior sistema di utilizzazione è risultato essere quello dove l'esbosco è stato effettuato con un trattore agricolo equipaggiato con una gabbia. Questo metodo di lavoro ha anche la produttività più alta tra tutti i cantieri oggetto di indagine. Un più alto livello di meccanizzazione nel sistema di utilizzo del legno corto (SWS) appare difficile da immaginare. Questo livello di meccanizzazione, è tuttavia preferibile in situazioni di conversione da ceduo a fustaia con scarsa pendenza dove il sistema con le canalette, migliore sia da un punto di vista produttivo che d'impatto ambientale (Picchio et al. 2009) non può essere utilizzato. Allo stesso tempo, però, è necessario cercare di sviluppare in maniera più efficiente il sistema di lavoro a pianta intera (FTS), allo scopo di rimuovere la ramaglia dal bosco, in un ambiente soggetto ad incendio quale il territorio Mediterraneo. Infatti, nei boschi cedui i rami ed i cimali possono rappresentare dal 10% al 30% della massa totale (Baldini et al. 2008), e il loro lascito in bosco incrementa l'accumulo di combustibile e accresce il rischio del verificarsi d'incendi, che rappresenta un serio pericolo per i boschi, le infrastrutture e le persone (Marchi et al. 2007). Con il sistema di lavoro FTS, quindi, l'esbosco con trattore forestale e verricello è risultato essere, da un punto di vista energetico, il più sostenibile nella seconda particella. Questo lavoro ha inoltre messo in evidenza nella prima particella che il cantiere dove è stato utilizzato il trattore munito di gabbia ha mostrato il più basso costo di utilizzo per tonnellata di legno allestita all'imposto ($35,57 \text{ €/t}_{u35\%}$), mentre il cantiere di confronto, con il trattore forestale e verricello, ha avuto un costo di oltre 2,5 volte più alto ($91,94 \text{ €/t}_{u35\%}$). Anche nella seconda particella i dati mostrano che i cantieri dove si sono utilizzate le due gru a cavo hanno fatto registrare i più altri costi di utilizzo, con rispettivamente $143,12 \text{ €/t}_{u35\%}$ nel cantiere dove si è utilizzata la Savall e con $151,61 \text{ €/t}_{u35\%}$

nel cantiere dove si è impiegata la Valentini, in relazione con il cantiere dove si è usato il trattore forestale 122,30 €/t_{u35%}. Questa tendenza può in parte spiegare il perché in molte realtà imprenditoriali del settore si preferisce mantenere il più basso livello di meccanizzazione possibile anche se a più alta intensità di manodopera. Wang (1997) ha osservato che la maggior parte degli incidenti sono causati da operazioni non corrette su terreno ad alta acclività e con bassi livelli di meccanizzazione (esbosco con muli e cavalli). La prima misura di prevenzione principale per migliorare la salute e la sicurezza in bosco è rappresentato dalla formazione di base dei lavoratori e un minore carico di lavoro (Nieuwenhuis e Lione, 2002). Un recente studio condotto nel Nord Italia suggerisce che i corsi di formazione dovrebbero concentrarsi in primo luogo sulla riduzione degli incidenti e quindi ergonomia per la prevenzione delle malattie croniche (Brachetti Montorselli et al., 2010). I costi di produzione sono influenzati sia dal sistema di utilizzazione applicato ma anche dalla bassa preparazione delle maestranze. L'applicazione del metodo di esbosco a pianta intera (FTS) potrebbe aumentare in maniera consistente la produttività dei cantieri e consentire un miglioramento del bilancio energetico, economico ed ambientale delle utilizzazioni forestali.

Bibliografia

- Amorini E., Bruschini S., Cutini A., Di Lorenzo M.G., Fabbio G., 1996. Treatment of Turkey Oak (*Quercus Cerris* L.) coppices. Structures, biomass and silvicultural options. *Annali Istituto Sperimentale Selvicoltura Arezzo* 27: 105-111.
- Anon, 1988. Introduction to Work Study. International Labour Office, Geneva.
- Bagnaresi U., Baldini S., Berti S., Minotta G., 1987. Ricerche sui bilanci energetici e sui costi di utilizzazioni forestali. *Annali Accademia Italiana di Scienze Forestali* XXXVI: 159-183.
- Baldini S., Artese C., Laudati G., Picchio R., Stirpe F., 2008. Individuazione, quantificazione e localizzazione delle biomasse forestali utilizzabili. Atti della giornata studio «Produzione di energia da fonti biologiche rinnovabili: le risorse primarie», Firenze 15 Febbraio 2007, Accademia dei Georgofili. Quaderni «I Georgofili» 2007-II: 101-135.
- Baldini S., Carbone F., Di Fulvio F., Picchio R., Presutti Saba E., 2008. Risultati tecnici ed economici di un intervento di conversione; rivista Alberi e territorio 6: 26-31.
- Baldini S., Picchio R., Di Fulvio F., 2009. La raccolta del legno; Diffusione dei risultati, Progetti di Ricerca Scientifica di rilevante interesse Nazionale 2005, “Tecniche di ripristino dei boschi percorsi da incendio, possibile uso del materiale legnoso e valutazione di impatto ambientale”, finanziamento MIUR, 30 gennaio 2008, Tirrenia (PI). Sette Città Editore 63-78.
- Baldini S., Picchio R., Savelli S., 2007. Energy analysis of light mechanization yards for the Eucalyptus coppice Harvest. *Journal of Agricultural Engineering* 3: 49-56.
- Baldini S., Pollini C., 2000. Proposta europea di protocolli armonizzati per lo studio del lavoro in bosco. *Sherwood* 56: 5, 57:6, 58: 7, 60: 9.
- Berti S., Piegai F., 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 4: 1-45.
- Bičík I., Jeleček L., Šátěpánek V., 2001. Land-use changes and their social driving forces in Czechia in the 19th and 20th centuries. *Land Use Policy*, 18: 65–73
- Biondi P., Panaro V., Pellizzi G., 1989. Le richieste d’energia del sistema agricolo italiano. Progetto finalizzato Energetic, p.79.
- Brachetti Montorselli N., Lombardini C., Magagnotti N., Marchi E., Neri F., Picchi G., Spinelli R. 2010. Relating safety, productivity and company type for motor-manual logging operations in the Italian Alps. *Accident Analysis and Prevention*, 42 (6): 2013–2017
- Bürgi M. 1999. A case study of forest change in the Swiss lowlands. *Landscape Ecology*, 14: 567–575
- Calafatello A.R., Catania P., Varrone M., Pipitone F., 2005. Technical analysis of mechanized yards in the forest utilization in Sicily. *Journal of agriculture Engineering* 3: 55-59.
- Cavalli R. 2008. Linee evolutive nel settore delle utilizzazioni forestali e dell'approvvigionamento del legname. *L'Italia Forestale e Montana* 4: 297–306.
- Cavalli R., Grigolato S., 2010. Influence of characteristics and extension of a forest road network on the supply cost of forest woodchips. *J For Res*, 15: 202–209
- Ciancio O., Iovino F., Menguzzato G., 2002. Prove sperimentali di avviamento a fustaia con il metodo del rilascio intensivo di allievi: i cedui di Leccio in Aspromonte (Calabria). *Il bosco ceduo in Italia*, Accademia di Scienze Forestali, Firenze, 125-145.
- Civitarese V., Pignatti G., Verani S., Sperandio G., 2006. Pianificazione delle operazioni di esbosco in un ceduo. *Forest@* 3 (3): 367-375. [online] URL: <http://www.sisef.it/>

- Coppini M., Hermanin L., 2007. Restoration of selective beech coppices: a case study in the Apennines (Italy). *Forest Ecology and Management*, 249: 18–27
- Di Fulvio F., Picchio R., Sima A., 2006. I dispositivi di protezione individuale per l'operatore motoseghista; *Mondo Macchina*, 7-8: 54-60.
- Fabiano F., Marchi E., Piegai F., 2002. Sistemi di lavoro nelle utilizzazioni dei cedui e nei tagli di conversione. In «Il Bosco Ceduo in Italia» a cura di Orazio Ciancio e Susanna Nocentini, Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze.
- Graniglia N., 2006. La valorizzazione energetica delle biomasse.
- Harstela P., 1991. Work study in forestry. *Silva Carelica* 18, 1–41.
- Heikkilä J., Sirén M., Aijala J O. 2007. Management alternatives of energy wood thinning stands. *Biomass and Bioenergy*, 31: 255–266.
- Hippoliti G., 1997. Appunti di meccanizzazione forestale. Studio Editoriale Fiorentino, Firenze.
- Hippoliti G., Piegai F., 2000. La raccolta del legno, tecniche e sistemi di lavoro, Compagnia delle Foreste, Arezzo.
- IFIAS 1975. Energy Analysis and Economics. Workshop report n°9, Stockholm.
- Johansson J., Lundqvist U., 1999. Estimating Swedish biomass energy supply. *Biomass and Bioenergy* 17: 85-93.
- La Marca O., 1999. Elementi di Dendrometria. Patron Editore. Bologna.
- Manetti M.C., Gugliotta O.I., 2006. Effetto del trattamento di avviamento all'alto fusto sulla diversità specifica e strutturale delle specie legnose in un ceduo di Cerro. *Annali dell'Istituto Superiore della Selvicoltura XXXIII (2002-2004)*: 105-114.
- Marchi E., Tesi E., Monterselli Brachetti N., Bonora L., Conese C., Romani M., 2007. Forest Fire Prevention: An Integrate Risk Analysis to Improve Management and Planning Actions. Proceedings of «Bottleneck, solutions and priorities in the context of functions of forest resources» the 150th Anniversary of forest education in Turkey. October 17-19, 2007 Harbiye – Istanbul (Turkey).
- Matthews R.W., 2001. Modelling of energy and carbon budgets of wood fuel coppice systems. *Biomass and Bioenergy* 21: 1-19.
- Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, Corpo Forestale dello Stato, 2005. Inventario Nazionale Forestale e dei serbatoi di Carbonio «*Forest National Inventory and the Carbon Sink*».
- Nieuwenhuis M., Lyons M., 2002. Health and Safety Issues and Perceptions of Forest Harvesting Contractors in Ireland. *International Journal Forest Engineering*, 13: 69–76
- Picchio R., Neri F., Maesano M., Savelli S., Sima A., Blasi S., Baldini S., Marchi E. 2011. Growth effects of thinning damage in a Corsican pine (*Pinus laricio* Poiret) stand in central Italy. *Forest Ecology and Management*, 262: 237–243.
- Picchio R., 2004. Il parco macchine oggi disponibile in Italia. *Alberi e Territorio*. Anno I – Numero 10 – 11, Ottobre / Novembre 2004, Il Sole 24 Ore – Edagricole.
- Picchio R., Maesano M., Savelli S., Marchi E., 2009. Productivity and Energy Balance in conversion of a *Quercus Cerris* L. Coppice Stand into high forest in Central Italy. *Croatian Journal of Forest Engineering* 30: 15-26.
- Piegai F., 2005. Tagli di utilizzazione e di avviamento nei cedui quercini. Produttività a confronto. *Sherwood – Foreste ed Alberi Oggi* 117: 5-8.
- Piegai F., 2008. Tagli di utilizzazione e di avviamento nei cedui quercini. Produttività a confronto. <http://www.compagniadelleforeste.it/SHERWOOD/AulaMagna/DAula-Magna.htm>
- Savelli S., Cavalli R., Baldini S., Picchio R. 2010. Small scale mechanization of thinning in artificial coniferous plantation. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 1 (31): 11-21.

- Silvestri F., 2010. La biomassa forestale ad uso energetico: domanda e offerta in Val di Sole. Tesi di laurea. Università degli Studi di Trento
- Spinelli R., 2000. Meccanizzazione forestale intermedia. Calderini– Edagricole.
- Spinelli R., 2003. La raccolta e la trasformazione. L'evoluzione tecnologica di macchine ed attrezzature forestali. Speciale Filiera Legno. In occasione di Legno Energia 2003 Centro Italia. Supplemento al Numero 11/8 – 14 Marzo 2003. Terra e Vita. Edagricole.
- Spinelli R., Owende P.M.O., Ward S.M., Tornero M., 2004. Comparison of short-wood forwarding system used in Iberia. *Silva Fennica* 38(1).
- Verani S., Sperandio G., Picchio R., Savelli S., 2008. Nozioni di base per la costituzione di micro filiere energetiche di autoconsumo. Stampa grafica Tipografia Bonanni.
- Verani S., Sperandio G., Picchio R., Savelli S., 2009. La raccolta della biomassa forestale. Tecniche, economia e sicurezza sul lavoro. Monterotondo (Roma): Grafica Salaria, vol. 1.
- Wang L. 1997. Assessment of animal skidding and ground machine skidding under mountain conditions. *International Journal Forest Engineering*, 8(2): 57–64
- Yoshioka T., Aruga K., Nitami T., Sakai H., Kobayashi H., 2006. A case study on the costs and fuel consumption of harvesting, transporting and chipping chain for logging residues in Japan. *Biomass and Bioenergy* 30: 342-348.