Capitolo 2

LA RACCOLTA E LA PRIMA TRASFORMAZIONE DELLA BIOMASSA LEGNOSA

Nella costituzione di una piattaforma produttiva del legno-energia la dotazione di macchine e attrezzature impiegate nelle fasi di raccolta e prima trasformazione è un aspetto che può variare notevolmente a seconda di diversi fattori:

- l'organizzazione logistica e il contesto territoriale in cui opera la piattaforma;
- la fonte da cui si preleva la materia prima legnosa;
- il tipo di prodotti finali che si intendono ottenere (legna in pezzi e/o legno cippato);
- la disponibilità finanziaria dei soggetti interessati alla creazione della piattaforma, sulla base della quale si può procedere all'acquisto delle macchine e delle attrezzature necessarie oppure propendere per il noleggio di tali mezzi presso locali imprese contoterziste.

In molte circostanze attualmente è ancora diffuso il ricorso a cantieri a basso grado di meccanizzazione: questo si verifica per tradizione, o molto più spesso perché non vi sono risorse economiche disponibili per dotarsi di cantieri a più alta tecnologia.

Un altro aspetto che va necessariamente considerato è l'enorme difficoltà a reperire manodopera da impiegare per i cantieri di utilizzazione degli impianti legnosi: come esempio si può riportare la bassa dotazione di operatori che caratterizza oggi le moderne aziende agricole.

CAPITOLO 2

LA RACCOLTA E LA PRIMA TRASFORMAZIONE DELLA BIOMASSA LEGNOSA

L'adozione di sistemi di lavoro fondati su macchine specializzate e altamente produttive si pone come una delle priorità nella creazione di una filiera del legno-energia incentrata su una logica moderna e razionale. Questo al fine di massimizzare la produttività delle diverse operazioni, in modo tale da contenere i tempi e i costi di lavoro, soprattutto alla luce del basso valore che caratterizza il prodotto finale nel mercato delle biomasse legnose.
All'impiego di una meccanizzazione avanzata deve però corrispondere un'elevata professionalità e una adeguata specializzazione degli operatori: attualmente una formazione idonea e qualificata è un requisito che manca o è piuttosto carente nel panorama agro-forestale italiano.
La dotazione di una meccanizzazione spinta è spesso ostacolata dall'ingente investimento di capitale per l'acquisto delle macchine, che deve perciò essere compensato da un loro utilizzo annuo per un cospicuo numero di ore di lavoro. Per tale motivo è opportuno favorire la nascita di realtà associative (consorzi e/o cooperative tra proprietari privati, trasformatori e operatori locali coinvolti nell'ambito di una filiera legno-energia), in modo da superare i cronici problemi legati al frazionamento che contraddistingue la proprietà agricolo-forestale.
Dal momento che l'acquisizione di simili attrezzature da parte dei singoli operatori spesso si rivela uno sforzo troppo oneroso e non sostenibile economicamente, con l'istituzione di questi organismi associativi si potrebbe dar vita a nuovi soggetti in grado di disporre delle forze necessarie per acquistare mezzi così costosi. Allo stesso tempo, con la creazione di tali consorzi o cooperative, si potrebbero riunire assieme e gestire in modo pianificato e razionale superfici territoriali adeguatamente estese, presso cui utilizzare il parco macchine in modo sufficientemente conveniente.
In alternativa, un'altra prospettiva piuttosto interessante in questo contesto potrebbe essere la nascita e la proliferazione sul territorio di aziende contoterziste specializzate e dotate di questo genere di mezzi: tali imprese potrebbero proporsi sul mercato fornendo i loro servizi e le loro macchine a tutte le realtà produttive localizzate all'interno di un dato comprensorio territoriale.
Nel primo paragrafo si sono analizzate le caratteristiche principali delle varie tipologie di macchine impiegate nelle diverse fasi della raccolta e della prima trasformazione, suddividendole a seconda del tipo di operazione in cui esse vengono impiegate: abbattimento e allestimento, concentramento ed esbosco, prima trasformazione della biomassa legnosa.
Nel secondo paragrafo invece si sono prese in esame le varie tipologie di cantieri di raccolta e prima trasformazione.
I vari sistemi di lavoro sono stati descritti distinguendo:

- i diversi contesti territoriali in cui possono essere allestiti: impianti produttivi di pianura, lineari o a pieno campo, boschi cedui collinari, pedemontani o montani;
- il livello di tecnologia che li può caratterizzare: cantieri ad alta e a bassa meccanizzazione;
- il tipo di prodotto finale: produzione di sola legna in pezzi, o di solo legno cippato, o produzione combinata e integrata di entrambi i prodotti finali.

In questo ambito rientra una gamma molto vasta di macchine e attrezzature: alcune di esse sono impiegate già da molti decenni e hanno raggiunto una piena maturità tecnologica; altre invece sono di più recente sviluppo e sono caratterizzate da continui progressi tecnici che ne migliorano l'impiego e la produttività.
Si possono individuare tre principali fasi di lavoro entro cui suddividere le macchine e le attrezzature impiegate nella raccolta:

- l'abbattimento e l'allestimento;
- il concentramento e l'esbosco;
- la prima trasformazione della biomassa legnosa.

Per quanto riguarda l'abbattimento e l'allestimento, i mezzi si differenziano a seconda che l'operazione sia manuale o meccanizzata.
Se si effettua un abbattimento manuale, si impiegano la motosega e i dispositivi di protezione individuale (d.p.i.) che ne devono accompagnare obbligatoriamente l'uso come dotazione anti-infortunistica. Se invece l'abbattimento è meccanizzato, si ricorre all'utilizzo di varie tipologie di macchine operatrici, tra cui ad esempio abbattitrici con sega a catena, abbattitrici a disco, abbattitrici a cesoia; alcuni di questi mezzi sono specializzati per lavorare in contesti specifici, come le macchine utilizzate per la raccolta delle colture da biomassa a turno breve.
Per la movimentazione della biomassa legnosa la disponibilità di macchine e attrezzature è molto articolata e varia a seconda della tipologia di operazione, della disponibilità economica, del contesto logistico in cui ci si muove, dell'accessibilità dei siti in cui si effettuano le lavorazioni, della tipologia di biomassa che si intende trasportare.
Per il concentramento e l'esbosco in campo (in bosco o in arboreto) nei vari casi si può optare per l'impiego di comuni trattori agricoli, trattori forestali, rimorchi agricoli o forestali, trattori articolati e portanti (*forwarder, transporter, skidder*), canalette o risine, ATV, minitrattori, minicarriole, verricelli forestali, gru idrauliche, pinze per tronchi, caricatori forestali su

pala gommata, gru a cavo.
Per la movimentazione della biomassa legnosa nel piazzale di lavorazione e stoccaggio si possono impiegare caricatori, escavatori e pale di tipi e taglie tra loro differenti.
Per la prima trasformazione della biomassa legnosa la suddivisione principale va fatta a seconda del tipo di filiera in cui si opera e del tipo di prodotto finale che si intende ricavare, vale a dire legna in pezzi, legno cippato, paleria. Nelle varie circostanze e per le varie fasi del processo di prima trasformazione si utilizzano pertanto macchine combinate taglia-spacca legna, cippatrici, appuntapali, processori e teste *harvester*.

2.1. FASE DI ABBATTIMENTO E ALLESTIMENTO: LE MACCHINE E LE ATTREZZATURE IMPIEGABILI

I mezzi impiegati si differenziano notevolmente a seconda delle modalità con cui si eseguono le operazioni di abbattimento e allestimento: la dotazione di macchine e attrezzature varia fortemente a seconda del livello tecnologico che contraddistingue questa fase della raccolta.
L'abbattimento e l'allestimento possono essere eseguiti in due differenti modalità:
- abbattimento e allestimento manuale;
- abbattimento e allestimento meccanizzato.

Questo aspetto influenza non solo la complessità delle macchine e attrezzature utilizzate, ma anche gli investimenti in termini monetari necessari per l'acquisto e la manutenzione dei mezzi stessi.
Tra gli aspetti che concorrono a determinare la scelta del tipo di mezzi da impiegare non vanno trascurati inoltre:
- l'ambito in cui si effettuano queste operazioni: il contesto varia fortemente a seconda che la raccolta sia effettuata da un'azienda agricola dedita alla produzione interna di legna da ardere, per auto-approvvigionamento, oppure da una ditta specializzata per la lavorazione e la vendita sul mercato della biomassa legnosa;
- la scala degli interventi e il volume complessivo annualmente lavorato nell'ambito della piattaforma produttiva in questione.

2.1.1 Macchine e attrezzature impiegate per l'abbattimento e l'allestimento manuale

In questo contesto si prendono in esame le attrezzature che costituiscono il minimo livello di meccanizzazione richiesto al giorno d'oggi per i lavori di abbattimento e allestimento in campagna e in foresta. La semplicità dell'utilizzo di questi mezzi deve essere comunque sempre accompagnata da un'elevata professionalità degli addetti interessati per un loro uso corretto e in sicurezza (Marchi e Piegai, 1996).

Per l'abbattimento e l'allestimento manuale si ricorre alla seguente dotazione di mezzi:
- motosega;
- dispositivi di protezione individuale (d.p.i.): dotazione antiinfortunistica che deve essere obbligatoriamente indossata dagli operatori durante lo svolgimento del lavoro.

2.1.1.1 Motosega

La motosega è una delle attrezzature portatili più impiegate dai boscaioli professionisti e dagli agricoltori (Foto 2.1): rappresenta il mezzo più diffuso anche nelle più semplici utilizzazioni forestali, soprattutto in considerazione dell'elevato costo della manodopera nei lavori boschivi e del minore affaticamento che il suo uso permette.

Foto 2.1. Motosega professionale.

Essa ha raggiunto ormai uno standard tecnico e qualitativo elevato, grazie ai numerosi accorgimenti costruttivi adottati nel corso di un'evoluzione che si è susseguita lungo molti decenni. Col passare degli anni si sono raggiunti molti progressi, in particolare riguardo al comfort e alla sicurezza nel suo utilizzo (Spinelli, 2003; Picchio, 2004).
Il costante perfezionamento rincorso negli ultimi decenni dalle case costruttrici ha prodotto delle macchine molto efficienti, leggere e relativamente economiche. La durata della motosega varia a seconda che essa sia impiegata professionalmente oppure adoperata in modo semi-professionale; tuttavia un utente che si dedica a un uso saltuario del mezzo ha le stesse esigenze di un operaio forestale professionista in termini di prestazioni e sicurezza.
A seconda del tipo di lavoro che si intende eseguire, si deve scegliere la macchina più adatta in termini di potenza, peso e lunghezza della barra; è molto vasta inoltre anche la gamma di catene disponibili (Spinelli, 2000). Le motoseghe si distinguono in quattro categorie:
- leggere;
- medie;
- pesanti;
- super-pesanti.

Tabella 2.1. Tipologie di motosega attualmente impiegate nei lavori forestali.

Tipo di motosega	Cilindrata (cc)	Potenza (kW)	Peso (kg)
Leggera	30-50	1,5-2,2	4-6
Media	50-75	2,3-3,6	6-8
Pesante	75-100	3,7-5,1	8-10
Super-pesante	100-130	5,2-6,5	10-15

Fonte: SPINELLI R. (2000). Meccanizzazione forestale intermedia. Calderini - Edagricole; BIDINI M. (2004 d). Guida all'acquisto. Scheda tecnica. Motoseghe professionali e semiprofessionali. Catene per motoseghe. Tecniko & Pratiko. Supplemento del mensile Sherwood - Foreste ed Alberi Oggi, numero 5 / Ottobre 2004. Compagnia delle Foreste, Arezzo.

I modelli super-pesanti tuttavia non sono generalmente impiegati nei cantieri di raccolta del legno-energia.
Le motoseghe vengono inoltre classificate in varie tipologie a seconda della cilindrata del motore, che comunemente è compresa tra 30 e 130 cc. Al variare della cilindrata variano anche la potenza e il peso del mezzo (Tab. 2.1).

N.B.
A seconda del tipo di lavoro che si deve eseguire (abbattimento, sramatura) e della grandezza degli alberi oggetto di taglio (polloni, altofusti piccoli o di dimensioni medio-grandi) si deve impiegare il tipo di motosega più idoneo in termini di peso, potenza, lunghezza della barra (Bidini, 2004 d; Bidini, 2005 b). Per le utilizzazioni di siepi lineari campestri o di boschi governati a ceduo è consigliabile usare motoseghe di tipo leggero o medio, con cilindrata mediamente pari a 50 cc, potenza attorno a 3 kW, peso di circa 5-6 kg e lunghezza della barra attorno a 35-40 cm.

Sul mercato si può trovare una vasta gamma di prodotti, spesso differenziati da pochi cc di cilindrata a seconda della diversa casa costruttrice, ma dotati essenzialmente degli stessi accorgimenti tecnici e degli stessi standard di sicurezza. Alcune case fabbricano e forniscono apposite catene per usi particolarmente difficoltosi su legni duri o ghiacciati o nei casi di frequenti contatti con il terreno o con sassi.
In commercio si trovano catene speciali con denti riportati al "vidiam", consigliate nelle operazioni di ribassamento delle ceppaie. Alcuni operatori esperti però trovano questi accorgimenti alquanto improduttivi e svantaggiosi sia per il costo della catena, che aumenta di circa il 70%, sia perché essa non rende poi così tanto al taglio, e una volta rovinata la si deve buttare, senza la possibilità di affilarla.
L'uso corretto e la produttività della lama della motosega dipendono strettamente dal processo di affilatura, che deve essere eseguita con la giusta frequenza e nelle giuste modalità. Il buon funzionamento della macchina è dovuto anche e soprattutto a una costante e corretta manutenzione: in particolare è molto importante la sua pulizia giornaliera (Spezzati e Tullio, 2002).
Di seguito, in tabella 2.2, si riportano i prezzi di alcuni tipi di motoseghe prodotte dalle principali case costruttrici.

Tabella 2.2. Costo di alcuni modelli di motosega.

Marca e modello	Potenza (kW)	Lunghezza della barra (cm)	Prezzo (euro, IVA esclusa)
Husqvarna 365	3,4	40-46	747-749
Jonsered CS 2165	3,4	46-51	745-747
Stihl MS 361	3,4	45	800
Husqvarna 359	2,9	40-46	643-645
Jonsered CS 2159	3,0	46	695
Stihl MS 290	3,0	40	517
Husqvarna 350	2,3	40-46	428-430
Jonsered CS 2150	2,3	46	450
Stihl MS 250	2,3	35	441

Fonte: BIDINI M. (2006 h). Rassegna del mese. Teste harvester, motrici dedicate harvester, motoseghe professionali e semiprofessionali. Tecniko & Pratiko. Supplemento del mensile Sherwood – Foreste ed Alberi Oggi, numero 26 / Settembre 2006. Compagnia delle Foreste, Arezzo.

A seconda della tipologia, della cilindrata e della marca della casa costruttrice, il prezzo di una motosega media adatta per l'esecuzione dei lavori di utilizzazione in bosco e in campagna oscilla mediamente dai 300-350 ai 700-800 euro (IVA esclusa).
La produttività media oraria lorda di lavoro in bosco ceduo per l'abbattimento e la formazione di fasci è di circa 0,75 tonnellate/ora/operaio (Verani, 2001); per una squadra di due operai essa si attesta su valori medi di circa 10-12 tonnellate/giorno (Spinelli e Verani, 2000).
Qualunque sia il modello scelto, la motosega deve essere dotata di tutta una serie di dispositivi di sicurezza resi disponibili dai progressi tecnologici susseguitisi nel corso del tempo (Hippoliti e Piegai, 2000; Spinelli, 2003; Picchio, 2004). Si tratta di difese definite "attive" (Hippoliti e Piegai, 2000), situate direttamente sulla motosega, che si oppongono al verificarsi di inconvenienti o accidenti.
Tra i dispositivi di sicurezza di cui sono dotate le motoseghe professionali rientrano:

- freno-catena;
- blocco dell'acceleratore;
- nottolino di sicurezza o perno ferma-catena;
- paramani alle impugnature anteriore (Foto 2.2) e posteriore;
- dispositivi antivibranti, tamponi elastici;
- silenziatori di scarico;
- protezione della catena durante il trasporto;
- impugnature riscaldabili (Foto 2.2).

Foto 2.2. Tra i dispositivi di protezione della motosega rientrano lo scudo paramano anteriore e l'impugnatura di comando con riscaldamento.

2.1.1.2 Dispositivi di protezione individuale: dotazione anti-infortunistica

Le case costruttrici forniscono inoltre agli operatori una apposita dotazione anti-infortunistica per la sicurezza sul lavoro come compendio necessario nell'uso della motosega.
Si tratta di difese definite "passive" (Hippoliti e Piegai, 2000), che proteggono il corpo dal verificarsi di incidenti riparandone le parti più esposte. Vengono indicate dall'attuale legislazione in materia di sicurezza sul lavoro con il termine di "dispositivi di protezione individuale" (d.p.i.). Essi sono diventati obbligatori: vari provvedimenti impongono agli operatori professionali l'assoluta necessità di equipaggiarsi con questi accessori, che garantiscono elevate condizioni di sicurezza durante lo svolgimento delle operazioni di utilizzazione.

I D.P.I.: RIFERIMENTI NORMATIVI

I dispositivi di protezione individuale sono tutte quelle attrezzature utilizzate dal lavoratore al fine di essere protetto contro uno o più rischi capaci di minacciarne la sicurezza e la salute durante il lavoro (Magagnotti e Spinelli, 2006). Sono normati da una serie di provvedimenti e decreti legislativi tra cui in particolare:

- il D. Lgs. 277/91 sul rumore;
- il D. Lgs. 626/94 in materia di sicurezza sul lavoro.

Nel D. Lgs. 626/94 l'articolo 43 disciplina gli obblighi del datore di lavoro, mentre l'articolo 44 espone gli obblighi del lavoratore in materia dei "d.p.i." (Magagnotti e Spinelli, 2006).

La dotazione anti-infortunistica è talvolta costosa, ma garantisce la salute degli operatori proteggendoli da seri inconvenienti.
Tra i dispositivi di protezione individuale si annoverano (Hippoliti e Piegai, 2000; Spinelli, 2003):

- casco di sicurezza (Foto 2.3);
- cuffie e inserti auricolari (Foto 2.3);
- visiera in rete anti-riflesso e occhiali di sicurezza;
- tuta con strisce di tessuto colorato;
- indumenti aderenti ma sempre comodi;
- guanti da lavoro (Foto 2.3);
- fodere e pantaloni anti-taglio;
- calzature di sicurezza: scarponi rinforzati, stivali in gomma per lavori in bosco (Foto 2.3).

Foto 2.3. Stivali in gomma, guanti da lavoro e casco di sicurezza con cuffie auricolari e visiera in rete anti-riflesso.

L'IMPORTANZA DELL'ABBIGLIAMENTO ANTI-TAGLIO

Riveste una notevole importanza tra i d.p.i. poiché garantisce l'incolumità fisica degli operatori in caso di incidenti grazie a una speciale imbottitura composta da una struttura a strati multipli in fibra sintetica (poliestere) e da un sistema a maglia intrecciata (Foto 2.4). Nel caso in cui la barra della motosega venga a contatto con l'operatore, le maglie della tuta, strappate dalla catena, si attorcigliano sul rocchetto provocando l'arresto della catena stessa.

Foto 2.4. Nell'utilizzo della motosega si devono indossare pantaloni anti-taglio, stivali in gomma e una giacca colorata a elevata visibilità.

Nella tabella 2.3 si espongono i prezzi medi di alcuni dei dispositivi che costituiscono la dotazione anti-infortunistica obbligatoria per gli operatori che utilizzano le motoseghe nei cantieri di raccolta della biomassa legnosa.

2.1.2 Macchine e attrezzature impiegate per l'abbattimento e l'allestimento meccanizzato

Un cantiere di raccolta che voglia produrre biomassa legnosa a costi contenuti deve necessariamente ispirarsi a una logica industriale, basandosi su macchine specializzate altamente produttive ma nel contempo leggere.

Dato l'alto costo della manodopera, l'intervento di utilizzazione basato sull'abbattimento manuale tramite motosega non è infatti sostenibile economicamente. L'abbattimento mediante sistemi totalmente meccanizzati consente invece una forte riduzione dei costi di produzione, permettendo un margine di guadagno altrimenti irrealizzabile.

La raccolta meccanizzata mette a disposizione per questa operazione varie tipologie di macchine abbattitrici. Tra le principali alternative offerte attualmente dal mercato vanno segnalate:

- le abbattitrici con sega a catena;
- le abbattitrici a disco;
- le abbattitrici a cesoia, con o senza accumulo;
- i diversi tipi di macchine utilizzate per la raccolta delle colture da biomassa a turno breve.

Si deve ricordare che queste macchine sono in grado di operare quasi esclusivamente solo in cantieri di raccolta allestiti presso impianti legnosi in pianura, mentre incontrano molteplici difficoltà a muoversi nelle condizioni orografiche e ambientali che caratterizzano i boschi cedui montani e pedemontani.

Di seguito, per ogni tipo di macchina abbattitrice, si delineano le peculiarità e le principali caratteristiche che le contraddistinguono, riportando inoltre alcune foto del loro utilizzo in campo.

Tabella 2.3. Costo medio di alcuni dei dispositivi di protezione individuali.

Tipo di dispositivo di protezione individuale	Prezzo (euro, IVA esclusa)		
	Husqvarna	Jonsered	Stihl
Guanti di sicurezza per lavoro in bosco	9,90 – 27,80	9,90 – 23	1,60 – 54
Casco	53 – 56	56	41,26 – 77,30
Occhiali di sicurezza	9,30	8,60	1,30 – 25
Visiera	7,70 – 9,10	34	15,60 – 40,90
Cuffia antirumore	11,80 – 34	11,80 – 18,80	10,30 – 21,70
Inserti auricolari	–	–	2,80
Stivali in gomma	57 – 98	57 – 96	66 – 253
Scarponi rinforzati	99 – 199	129 – 199	67,50
Giacca antitaglio per lavoro in bosco	93 – 219	93 – 219	69,40 – 182
Pantaloni antitaglio	49 – 209	75 – 209	59,20 – 122
Salopette antitaglio	24 – 139	103 – 224	86 – 156
Gambali	–	81	91– 115

Fonte: BIDINI M. (2006 j). Rassegna del mese. D.P.I. per lavori in bosco (protezioni per testa, corpo, arti inferiori e piedi), ricetrasmittenti. Tecniko & Pratiko. Supplemento del mensile Sherwood – Foreste ed Alberi Oggi, numero 29 / Dicembre 2006. Compagnia delle Foreste, Arezzo.

2.1.2.1 Abbattitrice con sega a catena

Questa operatrice è utilizzata già da tempo per l'abbattimento di pioppeti e di piante a fusto singolo. La taglia varia a seconda delle dimensioni e dei diametri delle piante che è in grado di ceduare; i diametri massimi impegnabili variano, a seconda dei modelli, da 25 centimetri fino a un massimo di circa 60 cm (AA.VV., 2004; Agostinetto, 2005).
Un'abbattitrice con sega a catena può essere applicata a escavatori di diversa potenza (Foto 2.5), sia modelli leggeri, da 5 tonnellate, sia di taglia medio-grande (10-20 tonnellate).

Foto 2.5. Abbattitrice con sega a catena su escavatore di taglia media.

Il lavoro è effettuato da un solo operatore, alla guida dell'escavatore su cui si applica la testa abbattitrice.
Di seguito si riportano le caratteristiche di un'abbattitrice con sega a catena che è stata impiegata in un cantiere di raccolta su un arboreto di pregio (diradamento delle file intercalari) allestito a Montecchio Precalcino (VI) nel Maggio 2004 dal Centro Vivaistico e per le Attività Fuori Foresta di Veneto Agricoltura in collaborazione con il CNR - Ivalsa.
Questo tipo di macchina così accessoriata può essere impiegata per una notevole varietà di lavorazioni boschive: tale mezzo si rivela molto mobile e maneggevole e oltre all'abbattimento è in grado di svolgere anche la depezzatura di fusti eventualmente troppo lunghi, il concentramento e il carico. Una volta tagliate, le piante infatti vengono concentrate in fastelli di 5-8 fusti, così da facilitarne il successivo esbosco, magari ad opera di un trattore munito di pinza tronchi (AA.VV., 2004).
Rispetto a un'abbattitrice a cesoia, una testa abbattitrice con sega a catena riesce a effettuare un taglio più netto, senza crepature alla base del tronco o sbavature della corteccia. Tuttavia, nemmeno con questa macchina si arriva a tagliare a 2-3 cm dal suolo e, per polloni molto storti o fitti, vi è il pericolo che la barra porta-lama si pieghi o che la catena esca dalla guida, con possibilità di rottura della stessa. Pertanto il taglio deve essere effettuato a un'altezza prudenziale del fusto (mediamente sui 20 cm) e al termine dell'abbattimento è necessario ricorrere alla pratica del ribassamento dei monconi di pollone sulle ceppaie (Agostinetto, 2005).
Nel corso delle sperimentazioni è emerso infine un altro problema: in presenza di sassi affioranti, terreni sabbiosi o ghiaiosi, la lama della motosega, oltre che perdere l'affilatura, rischia seriamente di andare incontro a rotture.

N.B.
Si sconsiglia l'uso dell'abbattitrice con sega a catena in impianti legnosi costituiti da capitozze o ceppaie recanti diversi polloni; presso impianti formati principalmente da piante ad altofusto si riscontrano invece risultati qualitativamente migliori.

La produttività dell'abbattitrice con sega a catena varia da modello a modello, anche a seconda del diametro dei fusti da tagliare. Nel 2004, nel corso del diradamento di un arboreto specializzato per la produzione di legname di pregio organizzato da Veneto Agricoltura nelle campagne di Montecchio Precalcino (VI), si è testata un'abbattitrice con sega a catena di tipo medio applicata su un escavatore di media taglia (12 tonnellate); nel corso di questa sperimentazione si è osservata una produttività assai variabile (AA.VV., 2004), come riportato in tabella 2.4.

ALCUNE CARATTERISTICHE DI UNA ABBATTITRICE CON SEGA A CATENA

Motrice: Escavatore	Operatrice: Testa abbattitrice con sega a catena
Marca: Fiat-Hitachi	Marca: Hultdins
Modello: FH 120.2	Modello: SF 560
Potenza (kW): 63	Potenza (kW): -
Peso (tonnellate): 12	Peso (kg): 625
Traslazione: Cingoli	Operatori: 1

Fonte: AA.VV. (2004). Produzione di cippato ottenuto dal diradamento di un arboreto per la produzione di legname di pregio. Veneto Agricoltura.

Tabella 2.4. Produttività di un'abbattitrice con sega a catena.

Diametro a petto d'uomo delle piante sottoposte al taglio (cm)	Produttività (tonnellate/ora)
8	2,4
22	18,5

Fonte: AA.VV. (2004). Produzione di cippato ottenuto dal diradamento di un arboreto per la produzione di legname di pregio. Veneto Agricoltura.

Il prezzo di questo tipo di abbattitrice è molto variabile a seconda del tipo di modello considerato e delle sue caratteristiche. Di seguito, in tabella 2.5, si fa riferimento a due abbattitrici con sega a catena: la Norrhydro NH016 (Foto 2.6) rientra tra le operatrici di piccola taglia ed è stata testata nell'ambito di un cantiere di raccolta su siepe campestre allestito da Veneto Agricoltura nel Dicembre del 2004; la Valmet 233 (Foto 2.7) invece ha dimensioni e prestazioni nettamente superiori (capacità anche di tenere in piedi le piante dopo il taglio e di direzionare e svolgere in modo più efficiente la manipolazione e il concentramento dei fusti e dei polloni abbattuti), per cui aumenta di conseguenza anche la sua quotazione sul mercato.

Foto 2.6. Abbattitrice con sega a catena Norrhydro NH016.

Foto 2.7. Abbattitrice con sega a catena Valmet 233 su escavatore.

2.1.2.2 Abbattitrice a disco

Un'altra tipologia di operatrice impiegabile nell'abbattimento di pioppeti, bande boscate, impianti lineari campestri e arboreti da biomassa è la testa abbattitrice-affastellatrice a disco (Foto 2.8).

Foto 2.8. Testa abbattitrice-affastellatrice a disco.

Tabella 2.5. Caratteristiche e quotazioni sul mercato di alcuni modelli di abbattitrici con sega a catena.

Caratteristiche dell'operatrice	Norrhydro NH016	Valmet 233
Macchina base consigliata	Escavatori leggeri, minicaricatori tipo Bobcat o gru forestali	Escavatori da almeno 18-20 tonnellate
Portata d'olio (litri/minuto)	55	132 – 227
Peso (kg)	110	1.600
Diametro max di abbattimento (cm)	25	80
Funzione accumulatrice	NO	SI
Prezzo sul mercato (euro, IVA esclusa)	7.500 – 8.000	34.000

Fonte: Sito Web www.ormet.it.

Si tratta di una testa di tipo *feller-buncher*: essa ha una capacità di taglio fino a 30-35 cm al massimo e può tagliare sia singole piante sia più fasci di piante grazie al suo doppio accumulatore (Bidini, 2004 b); con i suoi due bracci di presa indipendenti riesce ad afferrare più fusti o polloni per ciascun ciclo di lavoro (Foto 2.9).

Foto 2.9. Col doppio accumulatore l'abbattitrice riesce ad afferrare più fusti o polloni per ciclo di lavoro.

Il peso totale dell'attrezzo si attesta (a seconda dei vari modelli) all'incirca sui 500-650 kg, contro i quasi 3.000 kg delle grandi abbattitrici a disco tradizionali, le quali richiedono motrici molto grosse e pesanti per poter essere azionate (AA.VV., 2004).

Per il suo peso ridotto, la testa abbattitrice-affastellatrice a disco in questione può essere applicata invece a motrici molto più leggere, meglio se cingolate, come ad esempio minicaricatori idrostatici tipo Bobcat con pompa ad alta portata oppure escavatori di piccole o medie dimensioni, fino a 10-15 tonnellate di peso (Bidini, 2004 b). Tali macchine edili hanno un grande potenziale di utilizzo e diffusione nei cantieri selvicolturali e di raccolta del legno-energia, anche se ovviamente l'utilizzo forestale dei mezzi edili richiede una serie di adattamenti per renderli meno impattanti (Spinelli, 2004).
Nella pratica tale operatrice può essere applicata all'attacco universale di un qualsiasi minicaricatore capace di erogare una sufficiente potenza idraulica.
L'applicazione della testa abbattitrice su di un mezzo cingolato permette un'efficace distribuzione del peso dell'operatrice, già di per sé non molto elevato, evitando un eccessivo compattamento del terreno; la scelta di una cingolatura in gomma contribuisce a ridurre il danneggiamento del sito della stazione in cui si effettua il cantiere di raccolta.
Un altro interessante vantaggio di questo tipo di operatrice è il suo possibile utilizzo in presenza di terreni sassosi o particolarmente accidentati, dove l'impiego delle normali motoseghe incontra molteplici difficoltà.
Un grosso limite di questa macchina è l'alta specializzazione dell'allestimento minicaricatore-testa a disco rispetto alle operazioni da svolgere.

ALCUNE CARATTERISTICHE DI UNA ABBATTITRICE A DISCO

Nelle sperimentazioni recentemente realizzate dal Centro Vivaistico e per le Attività Fuori Foresta di Veneto Agricoltura si è impiegata una testa *feller-buncher* QC 1400 della ditta canadese Davco-Barda applicata a un minicaricatore Bobcat T300 con cingolatura in gomma. Una macchina di tale tipo pesa poco più di 4 tonnellate e il suo accoppiamento con l'abbattitrice a disco costituisce un mezzo agile, leggero e relativamente economico.

Motrice: Minicaricatore
Marca: Bobcat
Modello: T300
Potenza (kW): 58
Peso (kg): 4.300
Traslazione: Cingoli

Operatrice: Testa abbattitrice a disco
Marca: Davco
Modello: QC 1400
Potenza (kW): -
Peso (kg): 650
Operatori: 1

I prezzi di questi tipi di macchine variano a seconda del modello: un modello medio (Davco-Barda QC 1400) costa attorno ai 35.000 euro (IVA esclusa). Il minicaricatore Bobcat può essere preso a noleggio presso ditte che effettuano questo tipo di servizi (il costo del noleggio è pari a 160 euro/ora, senza operatore e trasporto escluso) oppure può essere acquistato ad un prezzo che si aggira sui 55.000 euro (IVA esclusa). Un vantaggio di questa macchina è il fatto che può essere facilmente trasportata anche su camioncino di piccolo tonnellaggio (il peso del minicaricatore si aggira sulle 4 tonnellate circa).

Fonte: AA.VV. (2004). Produzione di cippato ottenuto dal diradamento di un arboreto per la produzione di legname di pregio. Veneto Agricoltura.

L'abbattitrice a disco infatti è in grado di svolgere solo l'abbattimento e il concentramento (Foto 2.10), mentre incontra alcune difficoltà a svolgere in modo efficace le operazioni di carico e accatastamento, non essendo dotata di un apposito braccio caricatore (AA.VV., 2004). Inoltre, mentre su pioppeti e arboreti la sua validità è già stata dimostrata sul campo, per quanto riguarda la ceduazione di siepi lineari la testa abbattitrice a disco può incorrere in qualche difficoltà in presenza di ceppaie recanti più polloni storti o piuttosto inclinati: in questi casi risulta più problematico per la macchina riuscire ad abbracciare il fusto.

Foto 2.10. I polloni appena utilizzati vengono concentrati in un mucchio all'inizio del filare

Oltre a ciò questa operatrice non è del tutto idonea a effettuare utilizzazioni lungo i canali di scolo: in presenza di filari posti su entrambe le sponde risulterebbe infatti impossibile "abbracciare" i polloni posti nel lato opposto a quello in cui si opera. In alternativa il mezzo dovrebbe spostarsi sull'altra riva, impiegando molto più tempo rispetto a un'abbattitrice a cesoia.
Un altro problema è legato al fatto che il minicaricatore non è dotato di un braccio prensile, per cui non è in grado di afferrare e tagliare polloni non localizzati nelle immediate vicinanze della macchina: per tale motivo la testa a disco su minicaricatore non è in grado di operare nel caso in cui le ceppaie o le capitozze della siepe siano localizzate sulla sponda del fosso o del canale. Questo problema è però risolvibile montando la testa abbattitrice a disco su un escavatore.
Un ulteriore limite si riscontra in particolare nella raccolta presso bande boscate polivalenti o arboreti da biomassa a turno medio: infatti i mezzi su cui la testa abbattitrice viene applicata, nel loro avanzamento all'interno del sistema arboreo, frequentemente calpestano o intaccano le ceppaie, danneggiandole o compromettendone i successivi ricacci più o meno sensibilmente.
La testa abbattitrice è dotata di denti particolari inseriti nel disco (Foto 2.11): si tratta di 9 denti a sezione quadra che possono essere ruotati quattro volte prima della loro sostituzione. Dopo un utilizzo più o meno lungo, se il dente di taglio si presenta usurato dal contatto con terra o sassi, è sufficiente cambiare la faccia che procede al taglio per ripristinare l'efficienza dell'esecuzione dell'abbattimento (Spinelli, 2005 a).

Foto 2.11. Particolare dei denti dell'abbattitrice a disco.

Di seguito in tabella 2.6 si riportano alcune caratteristiche tecniche di due abbattitrici a disco prodotte dalla ditta Davco-Barda, vale a dire i modelli QC 1200 e QC 1400.

Tabella 2.6. Caratteristiche tecniche delle abbattitrici a disco Davco-Barda modello QC 1200 e QC 1400.

Caratteristiche tecniche	QC 1200	QC 1400
Peso (kg)	500	650
Diametro di taglio (cm)	15-35	15-35
Portata d'olio (litri/minuto)	95-110	110-140
Pressione d'esercizio (bar)	210	230
Altezza * Larghezza (mm)	1530 * 1140	1980 * 1220
Diametro del disco (mm)	915	1.066
Macchina base consigliata	Minicaricatore con pompa ad alta portata; escavatore da 10-12 tonnellate	Minicaricatore con pompa ad alta portata; escavatore da 12-15 tonnellate

Fonte: Sito Web www.ormet.it.

Tabella 2.7. Produttività dell'abbattitrice a disco Davco-Barda modello QC 1400.

Diametro a petto d'uomo delle piante sottoposte al taglio (cm)	Produttività (tonnellate/ora)
8	2,6
22	17,3

Fonte: AA.VV. (2004). Produzione di cippato ottenuto dal diradamento di un arboreto per la produzione di legname di pregio. Veneto Agricoltura.

La produttività di questi modelli di abbattitrice varia notevolmente al variare del diametro delle piante da abbattere (AA. VV., 2004), come evidenziato nella tabella 2.7; tali dati si riferiscono al modello QC 1400.
Qualora si intenda utilizzare un minicaricatore, esso si rivela piuttosto polivalente e può essere equipaggiato in alternativa con molte altre attrezzature (pinze da carico, decespugliatori, benne), consentendo un impiego diversificato; l'attacco rapido standard universale di cui sono dotati tutti i minicaricatori frontali permette infatti una sostituzione agevole e piuttosto rapida dell'attrezzo (Spinelli, 2004; AA.VV., 2004). Il lavoro è effettuato da un solo operatore, alla guida del mezzo su cui si monta la testa abbattitrice.

2.1.2.3 Abbattitrice a cesoia

La testa abbattitrice a cesoia è la tipologia più adatta nell'utilizzazione di piante a ceppaia o capitozza. Può essere applicata:
- a un braccio caricatore montato su un trattore agricolo della potenza di almeno 110 kW;
- a una motrice forestale dedicata;
- al braccio di un escavatore di taglia piccola o media.

N.B.
I principali vantaggi delle cesoie sono (Spinelli, 2005 b):
- la capacità di trattare ceppaie caratterizzate da polloni molto vicini tra loro, nell'affrontare i quali una sega a catena può andare incontro a forti rischi di deragliamento;
- la minore richiesta idraulica rispetto a un'abbattitrice a disco;
- peso e costo ridotti, per cui la macchina può essere applicata a motrici leggere e può essere acquistata anche da piccoli contoterzisti.

Le abbattitrici a cesoia possono o meno svolgere anche la funzione di accumulo. Nella maggior parte dei casi sono dotate della componente accumulatrice: con questa dotazione l'operatrice riesce più facilmente a impegnare e intercettare i fusti o i polloni destinati al taglio, facilitando e velocizzando l'esecuzione del singolo ciclo di lavoro (posizionamento, abbattimento e successiva deposizione a terra delle piante tagliate).
Esistono vari tipi di operatrici a cesoia, caratterizzate da componenti strutturali diverse, che realizzano l'abbattimento con differenti modalità di azione.
I modelli di abbattitrice a cesoia già sperimentati dal Centro Vivaistico e per le Attività Fuori Foresta di Veneto Agricoltura nei cantieri di raccolta del legno-energia per testarne il funzionamento e la qualità del lavoro sono:
- un'abbattitrice della serie Naarva-Grip (Foto 2.12);
- un'abbattitrice della serie Schnitt-Griffy (Foto 2.13).

Foto 2.12. Abbattitrice a cesoia della serie Naarva-Grip.

Foto 2.13. Abbattitrice a cesoia della serie Schnitt-Griffy.

Tabella 2.8. Abbattitrici a cesoia della serie Naarva-Grip.

Modello	Motrice	Peso (kg)	Diametro max di taglio (cm)	Funzione di accumulo	Volume dell'olio (litri/minuto)	Pressione max (bar)
1000-23	Trattore	180	23	NO	30-80	200
1000-23E	Trattore	220	23	SI	30-80	170-200
1500-25	*Forwarder;* Trattore	300	25	NO	80-140	200
1500-25E	*Forwarder;* Trattore	360	25	SI	50-140	170-200
1500-40	*Forwarder;* Trattore	400	30	NO	80-150	200
1500-40E	*Harvester;* Escavatore	550	30	SI	80-150	200
1600-40	*Harvester;* Escavatore	560-600	30	SI	80-150	200

Fonte: Sito Web www.pentinpaja.fi.

a) Le cesoie della serie Naarva-Grip

Il primo modello di abbattitrice di questo genere consiste in una cesoia con doppio braccio di presa, montata all'estremità di un braccio idraulico che può essere di varia lunghezza. Tra le cesoie della serie Naarva-Grip rientrano i modelli 1000-23, 1000-23E, 1500-25, 1500-25E, 1500-40, 1500-40E e 1600-40 (Spinelli, 2005 b). Tali testate sono prodotte dalla ditta finlandese Pentin Paja e distribuite in Italia da Hidrocom: possono essere montate su trattori (di potenza variabile), *forwarder, harvester* o escavatori e si differenziano tra loro per la diversa capacità di taglio e per la dotazione o meno di dispositivi di accumulo (Tab. 2.8).

GLI *HARVESTER* E I *FORWARDER*

Gli *harvester* (Foto 2.14) sono grandi macchine operatrici che effettuano assieme l'abbattimento, il concentramento e l'allestimento della biomassa legnosa, aumentando significativamente la produttività del lavoro rispetto all'utilizzazione manuale e riducendo la fatica e la pericolosità dell'operazione. Essi infatti afferrano, abbattono e concentrano le piante oggetto della raccolta, sramano i fusti con appositi coltelli, li depezzano a misure prefissate (per mezzo di un sensore e di un calcolatore) e ammassano separatamente i toppi e la ramaglia con i cimali.

I *forwarder* (Foto 2.15) sono trattori articolati portanti nei quali si riuniscono assieme le funzionalità del trattore, del rimorchio e del caricatore. Il retrotreno è costituito da un cassone o un telaio a culla, montato su un solo assale o su un doppio assale oscillante, mentre sull'avantreno, oltre al motore e alla cabina, è montata una gru con pinza idraulica per la movimentazione del legname.

Foto 2.14. Harverster in azione in un alveo fluviale.

Foto 2.15. Forwarder in azione.

Nel Dicembre del 2004 Veneto Agricoltura ha organizzato con il CNR-Ivalsa un cantiere di raccolta su una siepe campestre del Basso Padovano sperimentando il modello di cesoia Naarva-Grip 1500-40: la testa abbattitrice è stata applicata a un braccio caricatore (Foto 2.16) a sua volta montato su un trattore agricolo Same Laser della potenza di 110 kW e dotato di caricatore forestale (Spinelli, 2005 b; Agostinetto, 2005).

Foto 2.16. Cesoia Naarva-Grip 1500-40 applicata su un trattore agricolo con caricatore forestale.

La testa operatrice è caratterizzata da una robusta pinza di presa, articolata a una staffa di sospensione per consentirne l'orientamento verso il basso (raccolta di tronchi a terra) oppure l'orientamento in orizzontale (avvolgimento attorno a piante in piedi per l'abbattimento). La staffa di sospensione è applicata a un rotatore dedicato capace di ruotare su 270°. Sotto a questa pinza sono inseriti il dispositivo per il compattamento e quello per il taglio (Spinelli, 2005 b). Al compattamento provvede un'altra pinza idraulica, mentre il taglio è permesso da una potente e speciale cesoia. Questo dispositivo è costituito da una lama metallica tagliente scorrevole, che viene azionata da un meccanismo idraulico: spinta dalla pressione dell'olio, essa esce a ghigliottina dalla sua sede (Foto 2.17) quando la testa abbattitrice ha ben stretto i fusti o i polloni, recidendo le piante con un taglio netto.

Foto 2.17. Sede da dove fuoriesce la lama a cesoia.

Durante il taglio la lama e la pinza di compattamento vengono una verso l'altra, rafforzando l'effetto "forbice" del dispositivo.

UNO SVANTAGGIO DELLA CESOIA *NAARVA-GRIP*

Il fatto che la testata sia basculante, cioè non ancorata saldamente al braccio del mezzo su cui è applicata, comporta una minore stabilità dell'operatrice al momento di impegnare le piante. In particolare si osserva una minore manovrabilità nell'affrontare ceppaie o capitozze recanti più polloni, per cui ne deriva minore praticità e precisione durante l'esecuzione del taglio e minore produttività.

Tutte queste azioni sono coordinate da un banco valvole coperto da una robusta protezione scatolata. Le valvole sono azionate da comandi elettrici, riuniti in pulsantiere, che azionano la chiusura o l'apertura della pinza di presa, la chiusura della pinza di compattamento, il taglio, l'orientamento orizzontale o verticale della pinza (Spinelli, 2005 b).
A seconda del tipo di motrice che porta l'operatrice, i comandi possono essere a leve o a *joy-stick*: la facilità nella guida e nel comando dell'abbattitrice consente un notevole incremento della produttività del lavoro. In particolare la dotazione di comandi a *joy-stick* permette di velocizzare ulteriormente l'esecuzione dell'operazione di raccolta.
Posta in posizione orizzontale, la testa a cesoia esegue l'abbattimento; con orientamento verso il basso invece l'operatrice effettua la movimentazione ed eventualmente anche la depezzatura: ad esempio si può realizzare la sezionatura della ramaglia di dimensioni troppo ingombranti destinata alla cippatura.
La macchina nel suo complesso ha un'ottima manovrabilità, che permette di avvicinarsi alla pianta, ceduare un pollone per volta e deporlo dove desiderato (Foto 2.18). La cesoia infatti è in grado di girarsi in orizzontale comportandosi a quel punto come una normale pinza da tronchi.

Foto 2.18. Abbattitrice a cesoia in azione sulle ceppaie di una siepe campestre.

In presenza di ceppaie recanti molti polloni, alcuni dei quali piuttosto sporgenti e quasi orizzontali, la testa abbattitrice si inclina di 90° rispetto all'asse con cui è fissata nel braccio articolato e recide i polloni alla base, trattenendoli con i bracci di presa.
La cesoia dotata di dispositivo accumulatore è in grado di accumulare sino a 6 fusti o polloni, sempre a seconda delle loro dimensioni individuali. Una volta raggiunta la capienza massima disponibile, il braccio viene ruotato verso il campo e i fusti vengono scaricati a terra (Foto 2.19). Così facendo si forma un'andana di fastelli disposti sul campo perpendicolarmente al filare. Tutto il lavoro è effettuato da un solo operatore, alla guida del mezzo su cui è stata applicata la testa abbattitrice.
Per quanto riguarda le quotazioni sul mercato, il prezzo del modello 1500-40 si attesta indicativamente attorno ai 25.000 euro (IVA esclusa), mentre per il modello 1600-40, dotato dei dispositivi di accumulo, il prezzo si aggira sui 30.000 euro circa (sempre IVA esclusa).

L'IMPIEGO DELLE CESOIE NELL'ABBATTIMENTO DELLE PIANTE GOVERNATE A CEPPAIA

Rispetto alla testa abbattitrice con sega a catena, la cesoia presenta il vantaggio di essere molto meno delicata in terreni sassosi o sabbiosi. Infatti, mentre la catena della sega perde l'affilatura in seguito al contatto con sabbia e sassi, o addirittura può uscire dalla barra di guida, la lama della cesoia non subisce alcun danneggiamento.
L'unico importante difetto di questo tipo di testata (ma tale problema caratterizza anche gli altri tipi di abbattitrici) è che non si riesce a tagliare la ceppaia alla base, cioè a 2-3 cm dal suolo: la cesoia infatti riesce ad afferrare la pianta solo a una certa altezza, praticamente dove il singolo pollone è ben separato da tutti gli altri, e lì lo taglia. Rimane quindi un moncone alto 40-70 cm dal suolo, che va successivamente ribassato con la motosega. Altro inconveniente osservato dalla prova in campo è che il moncone che rimane presenta spesso schiacciature o crepe longitudinali all'asse, dovute al sistema di taglio. A volte inoltre si riscontrano sfibrature o slabbrature più o meno evidenti e profonde, che possono compromettere la capacità di ricaccio del pollone stesso.
Anche questo problema viene tuttavia risolto procedendo a un successivo ribassamento manuale delle ceppaie, con un costo aggiuntivo molto ridotto (Agostinetto, 2005).

Foto 2.19. La macchina depone a terra i polloni appena tagliati.

b) Le cesoie della serie Schnitt-Griffy

Il secondo modello di testata abbattitrice a cesoia sperimentato nei cantieri allestiti dal Centro Vivaistico e per le Attività Fuori Foresta di Veneto Agricoltura viene sempre montato all'estremità di un braccio idraulico di varia lunghezza ed è caratterizzato anch'esso da un doppio braccio di presa.
In questa categoria di operatrici rientrano le cesoie della serie Schnitt-Griffy, vale a dire i modelli HS 750, HS 750S, HS 850 (il modello testato nei cantieri dimostrativo-sperimentali da Veneto Agricoltura) e HS 950.
Tali testate sono prodotte dalla ditta svizzera Boutech AG e si differenziano tra loro per una serie di parametri, tra i quali vanno citati il peso e la diversa capacità di taglio (Tab. 2.9).

Tabella 2.9. Abbattitrici a cesoia della serie Schnitt-Griffy.

Modello	HS 750	HS 750S	HS 850	HS 950
Lunghezza (cm)	170	170	175	210
Larghezza (cm)	100	100	85	100
Altezza (cm)	110	115	115	125
Peso (kg)	325	380	475	900
Diametro max di taglio (cm)	15-19	17-22	21-28	28-38
Apertura della cesoia (cm)	75	75	66	66
Volume dell'olio (litri/minuto)	60-80	60-100	80-100	100-160

Fonte: Sito Web www.boutech.ch.

La testata in questo caso non è più basculante, ma è saldamente ancorata a una plancia d'acciaio (Foto 2.20), per cui risulta fissata solidamente al braccio della motrice, trattore o escavatore (Agostinetto, 2006).

Foto 2.20. La testata è solidamente fissata al braccio della motrice.

Foto 2.21. Particolare delle due lame disposte a forbice che eseguono il taglio.

I VANTAGGI DELLE CESOIE *SCHNITT-GRIFFY*

Essendo saldamente ancorata alla struttura della motrice, la macchina risulta solida e compatta e permette una serie di interessanti vantaggi durante le varie fasi dell'utilizzazione e della raccolta:

- possibilità di comandarne i movimenti sia orizzontalmente sia verticalmente: questo permette di afferrare la pianta da abbattere nel modo più funzionale possibile, penetrando agevolmente alla base della ceppaia;
- maggiore stabilità della testata al momento di afferrare le piante (singoli fusti o ceppaie con più polloni);
- maggiore stabilità della motrice stessa, che diviene un tutt'uno con l'operatrice e può trasferire a quest'ultima tutta la potenza al momento del taglio e della successiva movimentazione delle piante abbattute;
- migliore manovrabilità della testa abbattitrice: ad esempio, nell'impegnare una ceppaia recante più polloni, la testata può essere protesa fino alle immediate vicinanze della ceppaia stessa, proprio in prossimità del punto di inserzione dei polloni stessi, garantendo maggiore precisione e solidità durante l'esecuzione del taglio;
- notevole semplicità costruttiva globale e robustezza: queste qualità si traducono in un'elevata affidabilità.

La testa operatrice è costituita da una forbice inferiore avente funzione di taglio e una pinza superiore avente funzione di accumulo e compattamento.
In questo caso l'abbattitrice non è più dotata di una lama metallica tagliente, che viene azionata da un meccanismo idraulico ed esce a ghigliottina, ma l'operazione di taglio viene eseguita da due lame disposte a forbice (Foto 2.21) azionate da due pistoni idraulici laterali (Foto 2.22).

Foto 2.22. Uno dei due pistoni idraulici laterali che azionano le lame della forbice.

Le due lame della forbice sono caratterizzate da una grande apertura, che può arrivare fino a 75 centimetri circa. Questa prerogativa permette alla testata di affrontare anche ceppaie recanti più polloni, i quali spesso tendono ad aprirsi ed espandersi verso l'esterno occupando un'area di insidenza di ampiezza più o meno variabile.
La macchina è in grado di circoscrivere all'interno delle due lame un numero variabile di polloni, a seconda del loro diametro e della loro consistenza. In presenza di specie arbustive, la cesoia è in grado di abbracciare e abbattere anche tutti i polloni della ceppaia; qualora si trovi ad affrontare una ceppaia di una specie arborea, in genere l'utilizzazione viene effettuata in più tempi, spesso recidendo i polloni uno alla volta per ciclo di lavoro.
L'applicazione fissa alla motrice consente inoltre di comandare i movimenti della testata sia orizzontalmente sia verticalmente e di eseguire il taglio a partire da più angolazioni diverse, a seconda del movimento e della rotazione della struttura che porta

l'operatrice. Nei diversi casi è possibile infatti abbattere sia fusti caratterizzati da un portamento diritto, verticale, sia polloni che fuoriuscendo dalla ceppaia si protendono verso l'esterno, disponendosi in modo non perfettamente verticale, cioè orizzontalmente o quasi parallelamente al terreno; la cesoia riesce in ogni caso a raggiungere piuttosto agevolmente la base della ceppaia, cosa che risulterebbe più difficile da effettuare se la testata fosse basculante (Agostinetto, 2006).
Questa ultima prerogativa è dovuta alla presenza di un pistone idraulico che permette di inclinare lateralmente la testata (Foto 2.23), posizionandola con le lame disposte verticalmente rispetto al suolo.

Foto 2.23. Un pistone idraulico permette alla testata di posizionarsi in modo adatto a tagliare polloni orizzontali o non perfettamente verticali.

Questo modello di abbattitrice permette la chiusura contemporanea della forbice inferiore, che taglia le piante, e della pinza superiore che le compatta e accumula: la possibilità di tagliare e afferrare contemporaneamente i fusti o i polloni affrontati consente all'operatrice di impegnarli in un solo tempo.
Tale prerogativa aumenta notevolmente la rapidità nell'esecuzione del lavoro: appena effettuato il taglio, la macchina può immediatamente movimentare le piante recise e creare un'andana continua adiacente al filare oggetto di raccolta, oppure accumularle in più cataste separate tra loro.

Rispetto al taglio manuale con la motosega, l'abbattimento meccanizzato con la cesoia offre numerosi vantaggi. Innanzitutto l'ottima manovrabilità e l'elevata velocità di azione consentono una maggiore produttività, riducendo di conseguenza il costo di lavorazione e il tempo occorrente per svolgere il lavoro. La macchina infatti è comoda e sicura per l'operatore e permette una movimentazione molto agevole dei fusti tagliati (anche quelli di grosso diametro, per i quali la movimentazione manuale è spesso difficile se non impossibile): essi vengono rapidamente deposti a terra e già accatastati in maniera ordinata (Foto 2.24), facilitando così il lavoro delle macchine e attrezzature operanti nelle fasi successive del cantiere di raccolta.

Foto 2.24. La cesoia permette un'agevole movimentazione e un rapido accatastamento dei fusti tagliati.

N.B.
L'utilizzo di un'abbattitrice-accumulatrice a cesoia consente molteplici vantaggi in presenza di cantieri operanti su entrambe le sponde di un canale. Molto spesso i cantieri di raccolta riguardano siepi riparali, vale a dire filari doppi, molto diffusi lungo gli scoli di confine tra gli appezzamenti coltivati, in cui le piante crescono da ambo le parti del canale. Se l'operazione di utilizzazione fosse svolta manualmente, si riscontrerebbe un aggravio di lavoro piuttosto ingente: si dovrebbero spostare tutte le piante di uno dei due lati per concentrare tutto il legname abbattuto dalla stessa parte o comunque, nel caso in cui fusti e polloni venissero lasciati nelle due sponde diverse, si dovrebbero duplicare le operazioni per la movimentazione. La cesoia invece, operando da un'unica sponda del canale, con il suo braccio idraulico riesce a raggiungere e abbattere entrambi i filari e successivamente è in grado di riunire tutte le piante tagliate; in questo modo riesce a creare un'unica andana accorciando notevolmente i tempi di movimentazione e accatastamento.

La produttività globale di un cantiere di raccolta non dipende tanto dalla sola operazione di taglio, ma soprattutto dalla movimentazione delle piante: è in questa fase che l'abbattitrice con cesoia mostra tutta la sua convenienza e permette un forte incremento della produttività del lavoro. Dopo avere tagliato le piante, la pinza con cesoia le afferra e le posiziona in fastelli perpendicolari alla siepe o, se possibile, le carica direttamente su di un rimorchio (qualora ne ricorresse la necessità, anche depezzandole). Oltre alla diminuzione dei tempi, si ha una drastica riduzione dell'affaticamento degli operatori.

Questo tipo di testa può essere applicata su escavatori, trattori con caricatore o *forwarder*. Per poter essere adoperate con l'abbattitrice a cesoia, queste macchine devono possedere alcuni requisiti: in particolare per gli escavatori è importante la pressione di esercizio del caricatore, che si aggira mediamente sui 250-300 bar.

Notevoli vantaggi si riscontrano applicando la testata a un escavatore cingolato: il mezzo è caratterizzato da una notevole stabilità e riesce a spostarsi avanti e indietro agevolmente e rapidamente, senza la necessaria dotazione di appositi dispositivi per posarsi e ancorarsi al terreno. La cingolatura in gomma inoltre permette di ridurre il danneggiamento del suolo. Recenti prove di campo hanno sperimentato l'applicazione di una testata a cesoia di questo tipo su un escavatore cingolato da 13 tonnellate di peso, riscontrando ottimi risultati in tal senso (Foto 2.25).

Foto 2.25. Abbattitrice a cesoia su escavatore cingolato da 13 tonnellate di peso.

La produttività finale netta risulta essere piuttosto elevata, attestandosi mediamente sulle 5-10 tonnellate/ora. Essa è influenzata soprattutto dal peso della pianta tagliata e movimentata

IL DANNEGGIAMENTO DELLE CEPPAIE

L'abbattitrice a cesoia durante il suo avanzamento nella parte centrale del tronco strappa verticalmente il legno.

Mentre taglia, ciascuna lama agisce come un cuneo che tende in senso longitudinale il legno: esso resiste fino a quando la sezione ancora da recidere diventa minima, per cui si strappa lasciando una superficie di taglio discontinua.

In questo modo si crea una superficie non liscia (Foto 2.26): l'acqua può penetrare nei tessuti legnosi, accumularsi e ristagnare, dando luogo a fenomeni di marcescenza che possono compromettere la vitalità delle ceppaie e pregiudicare la successiva capacità di riscoppio e ricaccio dei polloni. Per tale motivo in seguito al taglio la superficie della ceppaia deve essere il più possibile liscia e leggermente inclinata.

Foto 2.26. Il taglio con la cesoia lascia sulle ceppaie una superficie non liscia e integra.

Inoltre, soprattutto in presenza di ceppaie su cui crescono più polloni, la cesoia riesce ad afferrare e a impegnare la pianta solo a una certa altezza dalla base della ceppaia, praticamente dove il singolo pollone è ben separato da tutti gli altri. In tal modo rimane un moncone di lunghezza variabile (questo difetto accomuna tutti i tipi di testata a cesoia). A seconda dei diversi tipi di ceppaia e di operatrice, i monconi possono essere lunghi tra i 10-20 e i 40-70 cm.

Entrambi questi inconvenienti possono essere risolti procedendo in un secondo momento a un ribassamento manuale delle ceppaie tramite la motosega. Questa operazione risulta essere piuttosto speditiva e non eleva eccessivamente i costi di abbattimento pregiudicando la sostenibilità del processo produttivo.

Da sperimentazioni recenti (Spinelli *et al.*, 2005 a) si osserva infatti che il tempo medio netto di ribassamento per ceppaia è di circa 1,5 minuti, e il tempo lordo (tempi morti inclusi) di ribassamento per 100 metri di siepe è pari a circa 80 minuti (ribassamento realizzato da un operatore con una motosega di 50 cc, in un filare caratterizzato da una distanza media tra le ceppaie di 2,6 m).

e dal numero di piante raccolte per ciclo di lavoro, a seconda delle loro dimensioni: all'aumentare della massa delle piante utilizzate, aumenta anche la produttività del processo.
Per quanto riguarda la qualità del lavoro, il difetto principale attribuibile a questo tipo di testata è legato al suo stesso sistema intrinseco di taglio. Mentre con la motosega si procede a un taglio netto e pulito, lasciando una superficie liscia e integra, nel caso si utilizzi una cesoia della serie Schnitt-Griffy, lo spessore piuttosto alto (1-1,5 cm circa) delle due lame d'acciaio della forbice nel lato interno tende a spaccare per trazione i fusti o le ceppaie nella loro parte centrale.
In generale le case costruttrici forniscono delle avvertenze riguardo al comportamento delle loro cesoie, specificando che su legno molto duro le prestazioni possono diminuire, così come in presenza di diametri superiori a una certa soglia massima appositamente indicata le operatrici possono spaccare o schiacciare il legno. Il comando delle teste abbattitrici-affastellatrici è affidato a particolari leve o *joy-sticks*; oppure si può addirittura usufruire del sistema di computer di un *harvester*, qualora lo si impieghi come motrice, sostituendo il processore con la pinza con cesoia.
Per quanto riguarda il prezzo sul mercato, esso si attesta sui 13.000-15.000 euro per i modelli più piccoli e sui 17.000 euro (IVA esclusa) per il modello HS 850; per il modello di taglia più grande (HS 950), la quotazione invece si aggira attorno a 20.000 euro circa (sempre IVA esclusa).

2.1.2.4 Macchine per la raccolta delle colture a turno breve (SRF)

La diversa densità degli impianti (file singole o binate, spaziatura tra le file e lungo le file) e le diverse dimensioni raggiunte dalle piante a fine turno impongono l'impiego di macchine diverse e specializzate, appositamente adattate a ognuno dei contesti presi in esame, vale a dire colture caratterizzate da un modulo annuale, biennale o poliennale.

a) Macchine impiegate per le colture di SRF a turno annuale

Per la raccolta di fusti e polloni caratterizzati da un solo anno di crescita si impiegano attrezzature adattate esclusivamente a questo specifico contesto.
Nei cantieri finora allestiti su coltivazioni di pioppo da biomassa a turno annuale il sistema di lavoro utilizzato prevede l'impiego di una trinciacaricatrice (Foto 2.27) adattata tramite l'applicazione di una punta speciale in sostituzione di quelle generalmente impiegate per la raccolta del mais o del foraggio. La punta da biomassa è applicata sulla piastra frontale di montaggio e consente di tagliare i fusti e di convogliarli verso il tamburo trinciante della macchina (AA.VV., 2006 a).

Foto 2.27. Trinciacaricatrice con punta da biomassa per la raccolta delle SRF annuali.

Il sistema di raccolta è quello proposto dalla Claas (ditta che ha grande esperienza in questo settore), con adattamento delle punte specializzate per la biomassa (il modello più recente è quello denominato HS-2) alle proprie trinciacaricatrici della serie Jaguar.
La macchina consiste in una struttura portante aperta a V (Foto 2.28), su cui sono applicate due seghe circolari per il taglio delle piante e due convogliatori che le avviano verso i rulli di alimentazione del tamburo trinciante.

Foto 2.28. Particolare della punta da biomassa.

Sopra la struttura è montata una barra a Y, che spinge in avanti i fusti e ne favorisce l'entrata nella bocca di alimentazione; tale macchina è in grado di tagliare le piante, convogliarle verso il proprio tamburo trinciante e sminuzzarle. Tutte queste componenti sono azionate da motori idraulici (AA.VV., 2006 a).

LA TESTATA MODIFICATA

La punta per la raccolta della biomassa può essere facilmente e rapidamente sostituita con una punta convenzionale per le colture agrarie tradizionali. Un'attrezzatura di questo genere possiede pertanto due grandi qualità: da una parte la sua grande versatilità e flessibilità di impiego, dall'altra un'elevata velocità d'azione che comporta una notevole capacità produttiva. La dotazione di un'attrezzatura di tale tipo può risultare sicuramente conveniente per le ditte contoterziste, che possono operare in modo efficace e polivalente nella raccolta sia dei tradizionali seminativi sia delle coltivazioni di biomassa legnosa.

I dati di capacità produttiva sono piuttosto variabili e dipendono dalla densità della coltura, dalla velocità massima di lavorazione, dalla lunghezza delle file, dall'entità dei tempi morti; come produttività media oraria si può riportare un valore attorno alle 30 tonnellate di biomassa tal quale (AA.VV., 2006 a). I cantieri basati sull'utilizzo di una trinciacaricatrice adattata ad alta efficienza hanno in genere una grande produttività e il sistema presenta una notevole efficienza, con tempi morti molto contenuti. Ovviamente il cantiere deve essere opportunamente programmato prevedendo la disponibilità dell'adeguato numero di trattori agricoli con rimorchio necessari a coadiuvare la trinciacaricatrice durante il suo lavoro: il trattore avanza a fianco della macchina e il cippato prodotto viene subito riversato all'interno del rimorchio adiacente.

b) Macchine impiegate per le colture di SFR a turno biennale

Negli impianti di SRF a turno biennale fusti e polloni hanno una crescita e una dimensione tale per cui non possono più essere utilizzati dalla trinciacaricatrice precedentemente illustrata.
In presenza di turni biennali per la raccolta si ricorre a varie tipologie di macchine, tra cui abbattitrici per uso vivaistico modificate per l'impiego nelle colture da biomassa, trinciacaricatrici e pezzatrici.
Le abbattitrici per uso vivaistico modificate per la SRF realizzano l'abbattimento per mezzo di una sega circolare che è montata su un braccio applicato al sollevatore posteriore di un trattore agricolo e azionata dalla presa di potenza del trattore stesso.
Una macchina di tale genere è stata messa a punto in passato dall'Isma-Saf (Istituto Sperimentale per la Meccanizzazione Agricola). Essa consiste in una sega circolare montata su un braccio applicato al sollevatore posteriore di un trattore agricolo (AA.VV., 2006 a); la sega sporge su di un lato (quello destro), è protetta da un dispositivo di copertura ed è azionata dalla presa di potenza del trattore; uno spingitore fisso, posto a 1,5 metri di altezza, serve ad avviare la caduta delle piante.
L'abbattitrice SGR è molto simile alla macchina messa a punto dall'Isma-Saf e si differenzia per l'applicazione della sega a un braccio oscillante e reversibile, che consente di tagliare sia sul lato destro sia su quello sinistro (AA.VV., 2006 a).
Nella primavera 2006 il Centro Vivaistico e per le Attività Fuori Foresta di Veneto Agricoltura ha testato un prototipo di tale genere in una coltura di SRF di robinia: si tratta sempre di una sega circolare montata su un braccio applicato al sollevatore posteriore di un trattore agricolo, in grado di tagliare le piante della fila sul suo lato destro (Foto 2.29).
I vantaggi nell'uso di tale mezzo sono la rapidità di avanzamento e di esecuzione dell'abbattimento e l'elevata precisione e qualità del taglio, che risulta pulito e netto e non richiede la necessità di procedere a una successiva operazione di ribassamento delle ceppaie.
Durante il cantiere sperimentale si è tuttavia osservato il problema di indirizzare la caduta delle piante tagliate con la sega circolare: è necessario infatti che fusti e polloni non si sovrappongano irregolarmente, per facilitare un idoneo svolgimento della successiva fase di esbosco. Un efficace direzionamento può essere eseguito ad esempio con l'ausilio di un miniescavatore, ma in tal caso aumentano i costi legati al parco macchine e alla manodopera necessaria all'esecuzione del lavoro.

Foto 2.29. Abbattitrice a sega circolare applicata posteriormente a un trattore agricolo.

Un'altra categoria di macchine impiegate in questo contesto è data dalle trinciacaricatrici: la ditta Spapperi ha realizzato un prototipo (Foto 2.30) adattato per la raccolta delle SRF biennali (AA.VV., 2006 a).

Foto 2.30. Trinciacaricatrice Spapperi in azione.

Questa macchina deriva da una cippatrice a disco appositamente modificata montando due seghe circolari di fronte alla bocca di alimentazione (Foto 2.31): questo mezzo pertanto è in grado di effettuare contemporaneamente l'abbattimento e la cippatura. Le due seghe ruotano assieme a due rulli dentati che convogliano i fusti tagliati nella cippatrice.

Foto 2.31. Particolari della struttura del prototipo Spapperi.

L'organo preposto alla raccolta è azionato dalla presa di potenza posteriore di un trattore agricolo piuttosto potente (almeno 110-130 kW), preferibilmente a guida retroversa. Il lavoro è effettuato in unico passaggio e da un solo operatore: il cippato prodotto è generalmente di buona qualità per quanto riguarda pezzatura e omogeneità dimensionale.
La trincia-raccoglitrice è caratterizzata da una buona capacità produttiva e non presenta eccessivi tempi morti durante il suo lavoro: i bloccaggi sono rari e possono richiedere come accorgimento solo il taglio manuale tramite motosega delle piante più grosse situate all'estremità della fila e il loro accompagnamento all'imboccatura della macchina.
La produttività del prototipo realizzato dalla Spapperi è molto inferiore rispetto ai valori raggiunti dalle trinciacaricatrici dedicate e più potenti, come ad esempio il modello della Claas descritto in precedenza, ma questo dipende dal tipo di motrice scelta su cui applicare l'operatrice, vale a dire in questo caso il trattore agricolo. Si tratta in ogni caso di un'opzione che si preannuncia particolarmente valida per aziende agricole medio-piccole, che non possono fare grossi investimenti e che mettono a dimora superfici di SRF poco estese, o per ditte contoterziste che si propongono di operare su una scala locale, più piccola (AA.VV., 2006 a).
Infine nella raccolta delle SRF biennali va ricordato un ultimo gruppo di macchine, vale a dire le pezzatrici: tra questi mezzi si segnala il prototipo LWF proposto dall'Istituto Sperimentale per l'Agricoltura di Monaco (Foto 2.32).

Foto 2.32. Macchina pezzatrice LWF.

Esso è costituito da una robusta struttura in acciaio portata sul sollevatore anteriore di un trattore agricolo di grande potenza (almeno 110-130 kW): su di essa è applicato un massiccio cilindro metallico verticale azionato dalla presa di potenza del trattore, sulla cui superficie è avvolta una lama continua a spirale con dei coltelli verticali (Foto 2.33) e alla cui base è applicata una sega circolare (AA.VV., 2006 a).

Foto 2.33. Particolare della lama a spirale e della sega.

La sega affronta i fusti e li taglia al piede: essi sono trascinati verso il cilindro, dove vengono sezionati dalla lama a spirale, mentre i coltelli verticali provvedono a spaccare i pezzi troppo grossi. Le scaglie prodotte vengono evacuate per mezzo di un lungo tubo a sezione quadrata.
Il lavoro viene effettuato da un solo operatore: la sega taglia al piede i fusti, la lama e i coltelli verticali provvedono a spaccarli e sezionarli; i pezzi prodotti (scaglie molto lunghe e piuttosto irregolari) sono proiettati tramite un dispositivo di evacuazione verso il rimorchio di un trattore agricolo che procede a fianco della macchina pezzatrice.
La macchina pezzatrice LWF è piuttosto semplice ed economica, dal momento che permette di effettuare la raccolta con un unico passaggio, ma presenta forse ancora più svantaggi e criticità. Innanzitutto va sottolineata la difficoltà nel taglio di fusti troppo grossi o in presenza di più polloni nella stessa ceppaia, per cui sono frequenti bloccaggi al momento della sminuzzatura o dell'evacuazione del materiale: per tale motivo il lavoro deve essere realizzato con grande cura e attenzione e con un trattore sufficientemente potente (AA.VV., 2006 a). Inoltre i pezzi prodotti sono grossolani, molto irregolari, per cui si deve ricorrere a un ulteriore intervento di raffinazione, a meno che non si preveda di destinare la biomassa ottenuta a impianti termici di grande potenza (centrali elettriche, grosse caldaie di reti locali di tele-riscaldamento) in grado di ricevere anche cippato di dimensioni irregolari e di scarsa qualità.
Un altro prototipo di pezzatrice è stato proposto di recente dalla ditta Spapperi (Foto 2.34): tale macchina non produce cippato fine, di dimensione uniforme e buona qualità, ma scaglie grossolane e pezzi di legno molto lunghi e di dimensioni irregolari (Foto 2.35), allo stesso modo del prototipo tedesco LWF.

Foto 2.34. Prototipo di pezzatrice proposto dalla Spapperi.

Foto 2.35. Scaglie prodotte dal prototipo di pezzatrice Spapperi.

Anche la pezzatrice Spapperi deve essere azionata da un trattore di una certa potenza e le scaglie prodotte vengono riversate tramite un dispositivo di evacuazione sul rimorchio di un trattore agricolo che avanza a fianco della macchina pezzatrice.

LA FERMENTAZIONE DEL CIPPATO FRESCO È INEVITABILE

Nella raccolta delle colture di SRF si eseguono contemporaneamente l'abbattimento e la cippatura: in questo caso si esegue una cippatura "sul fresco", cioè su piante vive. Il principale vantaggio nella produzione di pezzi di legno grossolani, di forma irregolare e di dimensioni maggiori rispetto alla produzione di cippato omogeneo, di forma regolare e dimensioni ridotte, sta nella possibilità di ridurre lo sviluppo dei processi di fermentazione che interessano il prodotto durante la fase di asciugatura e maturazione. Le particelle di legno cippato infatti, essendo di piccole dimensioni, sono caratterizzate da un'enorme superficie d'attacco e rappresentano un substrato ottimale per la proliferazione di batteri e muffe che si nutrono del legno e dei suoi componenti: l'azione fermentativa dei microbi comporta una perdita di sostanza secca non trascurabile, con riduzioni di massa fino al 20% circa.
La produzione di scaglie di legno più grossolane invece origina particelle di dimensioni molto più grandi, caratterizzate da una minore superficie d'attacco esposta all'azione dei micro-organismi responsabili del processo di fermentazione: in questo caso l'azione microbica si verifica ugualmente ma ha un impatto meno rilevante, e la perdita di sostanza secca si ferma a percentuali inferiori.

c) Macchine impiegate per le colture di SFR a turno poliennale

In questo contesto si devono impiegare macchine abbattitrici più complesse, grosse e robuste di quelle impiegate nei moduli a turno annuale o biennale: questo è dovuto alle notevoli dimensioni in termini di crescita e sviluppo raggiungibili dalle piante in presenza di turni poliennali. La raccolta può essere effettuata secondo molteplici opzioni e con più tipologie diverse di macchine abbattitrici (AA.VV., 2006 a).
Si può ad esempio impiegare l'abbattitrice-accumulatrice a disco descritta in precedenza; si è già sperimentata in campo in alcuni cantieri di raccolta la macchina Davco QC 1400, applicata a un minicaricatore Bobcat T300 con cingolatura in gomma. Condotta da un solo operatore, la macchina con la sua struttura di supporto dotata di doppio braccio accumulatore raccoglie una fila alla volta e deposita in un'unica andana i fusti di più file.

Un'altra ipotesi di cantiere di raccolta si basa sull'utilizzo di una testa abbattitrice-accumulatrice a cesoia (Foto 2.36), montata su un trattore agricolo o su un escavatore gommato (AA.VV., 2006 a). Condotto da un solo operatore, il mezzo taglia un fronte fino a 5-6 file, deponendo i fusti su un'unica andana.
Anche in questo contesto ci si può rifare alle due diverse tipologie di cesoia attualmente disponibili sul mercato (i modelli delle serie Naarva-Grip e Schnitt-Griffy) e ampiamente descritte in precedenza.

Foto 2.36. Raccolta di una SRF quinquennale tramite un'abbattitrice a cesoia Naarva-Grip.

Infine si può ricorrere all'uso di macchine ancora più costose e specializzate, vale a dire le abbattitrici combinate impiegate nei cantieri forestali o nelle utilizzazioni della tradizionale pioppicoltura e applicate a una motrice forestale specializzata o a un escavatore cingolato (AA.VV., 2006 a).
Ad esempio si sono già impiegati in questo contesto i modelli di abbattitrici Timberjack 762C o Keto 150 (Foto 2.37). Condotte da un unico operatore e in grado di lavorare su un fronte di 5-6 file, tali macchine concentrano i fusti sempre su un'unica andana.

Foto 2.37. Abbattitrice Keto all'opera in una coltura quinquennale di pioppo.

La produttività dei mezzi impiegati in questo contesto risulta piuttosto elevata e varia tra 10-20 tonnellate/ora considerando anche i tempi morti (AA.VV., 2006 a). Tuttavia, nell'analisi di questi dati, un aspetto determinante da considerare è l'investimento iniziale assai impegnativo che si deve sostenere nella dotazione di tale tipo di macchine. Questo vale in particolare per le abbattitrici combinate mutuate dalla pioppicoltura, per le quali si può arrivare a sostenere per l'acquisto un esborso piuttosto rilevante in termini monetari: la sola testa *harvester* Keto 150 costa circa 70.000 euro (IVA esclusa), mentre la Timberjack 762C spunta un prezzo di oltre 78.000 euro, sempre IVA esclusa (Bidini, 2004 c; Bidini, 2006 h); ovviamente poi va aggiunta la spesa per l'acquisto della motrice, per cui si arriva a investimenti complessivi attorno ai 150.000-300.000 euro. Per tale motivo le ipotesi più convenienti molto probabilmente sono quelle basate sull'impiego delle abbattitrici a disco o a cesoia, applicabili a mezzi che più comunemente possono rientrare nel parco macchine delle normali aziende agricole (minicaricatori, escavatori, trattori agricoli).
Per quanto riguarda invece l'impiego delle macchine più onerose, esso può essere realizzato da aziende agricole più sviluppate o dotate di una maggiore disponibilità finanziaria (come ad esempio quelle che svolgono attività di contoterzismo), magari già operanti nel settore del verde agricolo o urbano (pioppicoltura, potature, abbattimenti). Per l'acquisto di queste attrezzature può essere preferibile in molti casi rivolgersi al mercato dell'usato (acquistando solo l'accessorio e non l'intera macchina, motrice compresa), in particolare nel caso in cui questo tipo di coltura vada incontro nel tempo a una diffusione così ampia tale da giustificarne e renderne strategico l'investimento.

2.2 FASE DI CONCENTRAMENTO ED ESBOSCO: LE MACCHINE E LE ATTREZZATURE IMPIEGABILI

La movimentazione del legname costituisce un momento di importanza rilevante tra le attività di utilizzazione e prima trasformazione della biomassa legnosa da energia, sia che avvenga in bosco, nel sito di svolgimento del cantiere oppure all'imposto, sia che venga effettuata presso il piazzale di lavorazione e trasformazione.
Tale operazione può essere eseguita in modi diversi, a seconda delle condizioni di lavoro e del livello di meccanizzazione impiegato (Spinelli, 2000).
Nei diversi contesti in cui vengono allestiti i cantieri di raccolta e a seconda della disponibilità finanziaria di cui la piattaforma gode, per il concentramento e l'esbosco della biomassa legnosa la meccanizzazione offre attualmente un'ampia gamma di possibilità. I mezzi impiegabili nei vari casi infatti sono molteplici:

- le risine o canalette (solo su pendii, presso boschi collinari, pedemontani o montani);
- il trattore forestale e il trattore agricolo;
- il verricello forestale;
- i vari tipi di trattori articolati e trattori portanti: i *forwarder*, i *transporter*, gli *skidder*;
- le motocarriole, gli ATV, i minitrattori;
- le gru idrauliche;
- le pinze per tronchi;
- i caricatori forestali su pala gommata;
- i rimorchi forestali e i rimorchi agricoli;
- le gabbie per la legna da ardere;
- le gru a cavo (solo su pendii, presso boschi collinari, pedemontani o montani).

Per quanto riguarda invece la movimentazione (carico e scarico) della biomassa legnosa in piazzale di lavorazione e stoccaggio, le macchine più diffusamente impiegate sono:

- le gru idrauliche;
- i caricatori forestali su pala gommata;
- escavatori e pale, gommati o cingolati, di taglia media o piccola (mini pale, mini escavatori).

Di seguito si offre una panoramica il più possibile vasta e dettagliata delle caratteristiche di tutte queste tipologie di macchine e attrezzature.

2.2.1 Esbosco per avvallamento: impiego delle risine o canalette

Quando si deve avvallare il legname in bosco su distanze abbastanza elevate, ovvero superiori ai 100 metri, lo si concentra su appositi percorsi più o meno attrezzati, lungo i quali il lavoro viene agevolato da una serie di fattori:

- la presenza di pendenze tendenzialmente regolari;
- l'assenza di ostacoli (accidentalità della superficie limitata);
- una serie di accorgimenti atti a facilitare la movimentazione dei tronchi.

Questi percorsi possono essere di vario tipo (Hippoliti e Piegai, 2000):

- percorsi naturali: impluvi, valloni;
- percorsi artificiali permanenti: in terra o soprattutto in pietrame (cave);
- percorsi artificiali temporanei: le risine o canalette, costruite in legname, lamiera o polietilene e ancorate al terreno.

Tale tipo di esbosco deve essere accompagnato dalla presenza di una fitta rete di strade o piste forestali (Cavalli, 2004).

N.B.
Le linee naturali di avvallamento (impluvi, valloni) sono un sistema ancora diffuso nelle zone alpine, per distanze di trasporto comprese generalmente tra 150-250 metri: vengono usate soprattutto per le conifere (raramente per legna da ardere di latifoglie), ma possono comportare danni al legname e al terreno (Hippoliti e Piegai, 2000).
Le linee artificiali permanenti, soprattutto in pietrame, sono state usate diffusamente in passato nelle regioni alpine, ma per una serie di problematiche (condizionamento dell'andamento climatico, economicità solo per rilevanti quantità di biomassa, danni al legname) il loro impiego oggi è stato praticamente abbandonato (Hippoliti e Piegai, 2000).

I percorsi artificiali temporanei sono costituiti da strutture dette canalette o risine: con questa pratica il danneggiamento di piante e terreno è pressoché assente, si possono esboscare tronchi con corteccia e sramati grossolanamente e si può operare su qualsiasi terreno in qualsiasi condizione meteorologica.
Le risine vengono apprezzate per la grande semplicità di impiego, ma richiedono un'elevata esperienza nella localizzazione delle linee e nel loro montaggio. In presenza di linee ripide occorre tenere in considerazione il pericolo dell'elevata velocità del materiale, che può arrivare a 15-20 metri/secondo.
I materiali che costituiscono le risine possono essere:

- legname: molto diffuso in passato, oggi è poco utilizzato per la sua scarsa convenienza tecnico-economica;
- lamiera;
- polietilene ad alta densità.

Le risine in lamiera sono caratterizzate da unità di diametro attorno ai 40 cm, lunghezza attorno a 2-3 metri, prezzo di acquisto basso, peso elevato e attrito elevato, soprattutto se arrugginite (necessità di lubrificazione).
Le risine in polietilene ad alta densità (PEHD) sono caratterizzate da spezzoni di diametro compreso tra 40-50 cm, lunghezza di 4-5 metri, prezzo di acquisto elevato, peso ridotto, attrito ridotto. Esse sono adatte per l'esbosco di legna da ardere e di legname di medio-piccole dimensioni (Hippoliti e Piegai, 2000; Cavalli, 2004).
Le singole parti che compongono le risine devono essere collegate tra loro mediante agganci speciali e devono essere fissate mediante grossi spaghi e cordini ad alberi, ceppaie o radici presenti naturalmente nei pressi della linea di esbosco.
La lunghezza massima complessiva si aggira attorno a 200 metri; la spaziatura più opportuna delle linee di risine varia in genere tra 15-20 e 30-50 metri, a seconda della logistica del sito e dell'intensità del taglio.
La pendenza minima per ricorrere a questa opzione è intorno al 15-20%; le pendenze ottimali sono comprese tra il 25-35% (Hippoliti e Piegai, 2000; Spezzati e Tullio, 2002).

N.B.
Le linee vanno individuate dopo la martellata o la segnatura e opportunamente marcate; la lunghezza del materiale trasportabile, in presenza di legna di latifoglie, è compresa tra 1-2 metri.
Il trasporto delle risine o di spezzoni di linea è effettuato a spalla o per strascico con verricello; una volta esaurita la sua funzione, la linea viene smontata e si procede con il montaggio della linea successiva. Generalmente il trasferimento delle risine avviene da monte a valle o seguendo le linee di livello.

Le produttività nei boschi cedui sono interessanti e si attestano mediamente tra valori minimi di 2-4 e valori massimi di 12-15 mc/giorno/operaio, vale a dire tra 1,5-3 e 9-12 tonnellate/giorno/operaio (Hippoliti e Piegai, 2000; Cavalli, 2004).

2.2.2 Il trattore forestale e il trattore agricolo

Il trattore è una delle principali macchine utilizzate in agricoltura, come stazione di potenza o per il trasporto di carichi di vario tipo nei campi (Spinelli, 2003).
Esso mantiene un'importanza rilevante anche in selvicoltura e nei cantieri di raccolta della filiera legno-energia: la varietà del lavoro forestale richiede lo svolgimento di numerosi diversi compiti, per cui la scelta del mezzo deve essere fatta alla luce dell'impiego prevalente a cui esso viene destinato (Spinelli, 2000).
In ogni caso il trattore deve essere sempre caratterizzato da una grande versatilità, per poter azionare con la sua presa di potenza varie tipologie di attrezzature e operatrici accessorie, tra cui verricelli, teleferiche, gru idrauliche, cippatrici, macchine taglia-spacca, e per poter esboscare carichi di legname a strascico o trasportandoli su rimorchio (Spinelli, 2003).
Per il lavoro forestale si impiegano sia trattori a cingoli sia trattori a ruote:

- i modelli cingolati sono maggiormente adatti per l'esbosco su terreni pendenti, ma sono nel complesso meno versatili e veloci dei modelli a ruote (Picchio, 2004);
- i trattori gommati, con la loro grande versatilità di impiego, si prestano meglio a un uso differenziato e hanno il vantaggio di un più facile spostamento su strada.

N.B.
Una delle caratteristiche essenziali dei trattori a ruote è la doppia trazione. I trattori a due ruote motrici non hanno sufficiente mobilità nei terreni e nelle condizioni varie che si riscontrano in bosco e tendono a impennarsi: per tale motivo si impiegano solitamente per compiti stazionari. L'ideale sarebbe l'utilizzo di trattori a quattro ruote motrici iso-diametriche, ma molto spesso si ricorre all'impiego di trattori standard a doppia trazione (Spinelli, 2000): la trazione sulle quattro ruote garantisce una migliore distribuzione dei pesi sugli assali, con un rilevante incremento della stabilità del mezzo (Spinelli, 2003).

Per quanto riguarda la potenza del motore richiesta, 45-50 kW sono già sufficienti per lavori quali l'esbosco, il trasporto, l'azionamento di seghe e macchine spacca-legna; invece per il funzionamento di cippatrici di media potenza servono almeno 100 kW. Per tale motivo la scelta della potenza deve essere valutata sulla base dei compiti richiesti: in genere tuttavia un motore di 60 kW risulta il miglior compromesso per soddisfare gran parte delle esigenze.

Altri requisiti richiesti ai trattori forestali sono legati al peso e alle dimensioni: il transito in bosco esige dimensioni il più possibile ridotte, ma il trascinamento di carichi a volte ingenti impone un peso sufficientemente elevato. Anche in tal caso il compromesso sta nell'impiego di macchine pesanti ma compatte: a parità di potenza, i modelli cingolati sono più compatti e pesanti dei modelli a ruote. Inoltre i trattori da impiegare in foresta devono presentare una notevole robustezza delle componenti, la luce libera da terra e un maggior carico sull'avantreno (Picchio, 2004).
Di seguito, in tabella 2.10, si riportano alcuni dei principali requisiti che caratterizzano i trattori cingolati e i trattori gommati a doppia trazione (Hippoliti e Piegai, 2000).
L'utilizzo in bosco dei comuni trattori agricoli rende necessaria la realizzazione di alcune modifiche e l'aggiunta di una serie di protezioni idonee. L'allestimento del trattore agricolo per l'uso forestale richiede una preparazione specifica proprio per evitare il danneggiamento delle parti più delicate del trattore in seguito al contatto con vari agenti di danno: rami, residui di utilizzazione, sollecitazioni estreme legate ai tortuosi percorsi forestali, asperità del terreno. L'allestimento permette inoltre di incrementare la sicurezza dell'operatore (Spinelli, 2000).

Tabella 2.10. Trattori cingolati e trattori gommati.

Requisiti, caratteristiche	Trattore cingolato	Trattore gommato
Potenza media	35-60 kW	45-75 kW
Peso	2,5-4,5 tonnellate	2,5-4,5 tonnellate
Velocità massima	circa 10 km/ora	circa 30-40 km/ora
Principali pregi	- grande stabilità (baricentro basso e spostato in avanti); - elevata forza di trazione legata alla grande aderenza dei cingoli; - elevata manovrabilità; - elevata compattezza; - vantaggi in terreni pendenti	- grande versatilità di impiego, possibilità di uso differenziato; - maggiore velocità; - possibilità di circolare su strada
Principali difetti	- bassa velocità; - danneggiamento, sconvolgimento molto vistoso del terreno (a causa dell'azione dei cingoli); - difficoltà di spostamento (la circolazione su strade pubbliche è vietata); - minore versatilità d'uso	- minore agilità e minore stabilità; - impiego limitato a terreni e percorsi più facili, con presenza di una rete di piste fitta e buona
Carico medio nell'esbosco a strascico	1,5-3 mc di legname	1-3 mc di legname

Fonte: HIPPOLITI G., PIEGAI F. (2000). La raccolta del legno. Tecniche e sistemi di lavoro. Compagnia delle Foreste. Arezzo.

L'ALLESTIMENTO FORESTALE

L'allestimento del comune trattore agricolo per l'uso forestale consiste in una serie di protezioni e modifiche che riguardano varie componenti e varie parti della sua struttura (Picchio, 2004; Spinelli, 2000; Spinelli, 2003):

- protezione frontale: protegge il radiatore e il muso del trattore; consiste nel montaggio di una griglia, di un telaio in acciaio coperto da una robusta rete metallica per impedire la penetrazione di rami e l'urto con ostacoli e piante in piedi; può essere integrata con un robusto paraurti in profilato che si estende lateralmente proteggendo le ruote;
- protezione ventrale: è una robusta lamiera in acciaio che protegge la parte inferiore della struttura del trattore, la trasmissione, gli organi di sterzo, gli assi, senza però ridurre la luce a terra;
- protezioni laterali: si tratta di robuste reti metalliche o strutture in acciaio che impediscono la penetrazione di rami o oggetti nel vano motore;
- protezioni sulla cabina: la cabina di sicurezza è un equipaggiamento indispensabile, per cui essa deve essere rinforzata con profilati o telai tubolari aggiuntivi che vengono ancorati alla struttura portante del trattore e servono anche per proteggere il vano motore dall'eventuale caduta di tronchi; le finestre inferiori e posteriori sono protette con reti o griglie metalliche per evitare la rottura dei cristalli;
- scalini di accesso: sono sempre molto bassi e possono facilmente urtare contro ostacoli o asperità del terreno danneggiando la cabina; per tale motivo essi vengono accorciati eliminando lo scalino più basso o vengono sostituiti con scalini in gomma;
- fari: sono molto delicati, per cui devono essere adeguatamente protetti con una rete metallica; in alternativa si impiegano fari estraibili con attacchi rapidi;
- pneumatici: sui trattori a ruote le valvole della camera d'aria e il cerchione sono componenti assai vulnerabili; per tale motivo si attuano le necessarie protezioni, saldando un tondino o un tubo di acciaio sul bordo del cerchione e a protezione della valvola; inoltre si impiegano modelli di pneumatici specifici, rinforzati a più tele e piuttosto resistenti alla penetrazione;
- in aggiunta alle protezioni un'altra modifica necessaria è la zavorratura sull'assale anteriore, che aumenta la stabilità in particolare nel caso dell'esbosco a strascico; le zavorre possono essere montate sia sul muso sia sulle ruote anteriori.

Queste modifiche e questo specifico equipaggiamento sono ormai ampiamente diffusi: per tale motivo molte ditte producono e commercializzano allestimenti omologati o anche trattrici omologate per l'uso peculiare in foresta (Spinelli, 2003).

In molte zone l'attività agricola e l'attività boschiva si integrano a vicenda: per tale motivo i trattori agricoli vengono usati anche per i lavori boschivi e sono sufficienti in tal senso trattori di almeno 35 kW di potenza e a quattro ruote motrici (Spezzati e Tullio, 2002).

Nei cantieri di raccolta allestiti presso impianti legnosi ubicati nelle zone di pianura si impiegano normalmente i comuni trattori agricoli in dotazione delle aziende coinvolte, spesso senza nemmeno apportare sui mezzi le modifiche e gli adattamenti per l'uso tipicamente forestale.

2.2.3 Il verricello forestale

Il verricello forestale è uno dei mezzi più usati per il concentramento e l'esbosco del legname, dal momento che è in grado di svolgere molteplici funzioni (Spinelli, 2000):

- avvicinare il materiale non direttamente raggiungibile a causa del terreno impervio, dell'elevata pendenza o della forte densità del popolamento;
- riunire insieme più tronchi che giacciono sparsi sul terreno, evitando che il trattore debba di volta in volta raggiungere e caricare ogni singolo tronco, risparmiando così tempo e manodopera.

Un corretto uso di questa operatrice aumenta considerevolmente l'efficienza operativa del trattore (Spinelli, 2000):

- si evitano i rischi legati al transito su terreno impervio;
- si prevengono e riducono anche i danni al terreno e al soprassuolo residuo rimasto in piedi.

Per ottenere questi risultati è fondamentale la scelta di un verricello idoneo, specificatamente concepito per l'uso forestale, valutando attentamente il tipo da impiegare sulla base dei diversi contesti in cui si opera e del tipo di lavoro che si intende svolgere.

Foto 2.38. Trattore e verricello forestale ad esso applicato.

Un'altra variabile importante da considerare è il trattore (Foto 2.38) a cui si applica il verricello forestale, valutandone in maniera opportuna gli elementi e le caratteristiche tecniche: tra gli altri parametri ad esempio vanno citati la potenza erogata, il tipo di montaggio e di azionamento dell'attrezzatura.

I verricelli di tipo forestale sono molto semplici strutturalmente: le principali componenti costitutive sono un tamburo (a volte due), una trasmissione e una struttura portante. In pratica un verricello è costituito da uno scudo fissato o applicato al trattore, che viene abbassato come ancoraggio, e da un tamburo azionato dalla presa di forza, sul quale si avvolge la fune che trascina il carico di legname (Spinelli, 2003).
Le varie tipologie si distinguono sulla base di più parametri (Spinelli, 2000):

- verricelli fissi e verricelli applicati al sollevatore: i verricelli fissi sono imbullonati alla struttura del trattore, in genere posteriormente; quelli dell'altro tipo sono applicati al sollevatore e possono essere facilmente e velocemente montati e smontati; i verricelli portati dal trattore ne determinano uno spostamento del baricentro verso la parte posteriore, cosa che non avviene per quelli semi-trasportati, che scaricano sulle ruote il peso del carico;
- verricelli a uno o due tamburi: i verricelli a due tamburi presentano due bobine di fune a movimento autonomo (Picchio, 2004); sono più complessi, pesanti e costosi, ma sono molto più pratici quando occorre riunire un elevato numero di pezzi sparsi sul terreno per costituire un carico adeguato;
- verricelli meccanici e verricelli idraulici: nei verricelli meccanici la trasmissione del movimento è ottenuta tramite cinghie, catene e ingranaggi, mentre nei verricelli idraulici la trasmissione avviene tramite un sistema oleodinamico; i verricelli del secondo tipo sono più lenti e più costosi ma sono molto semplici da usare anche tramite l'applicazione di comandi elettrici, telecomandi o radiocomandi.

Il funzionamento di un verricello forestale può essere (Bidini, 2006 e):

- meccanico: tramite la presa di forza e l'impianto idraulico del trattore;
- elettro-idraulico: tramite la presa di forza del trattore e un impianto idraulico autonomo con pompa, serbatoio, elettrovalvole, cilindri e regolazione automatica.

Il tipo di comando può essere (Bidini, 2006 e):

- meccanico: azionato manualmente con una leva;
- elettro-idraulico: azionato con una pulsantiera fissa sul verricello (Foto 2.39);
- radio-comando: azionato a distanza dalla macchina.

Foto 2.39. Il verricello forestale può essere dotato di comando elettro-idraulico.

I COMANDI A DISTANZA

I comandi a distanza sono molto pratici: il telecomando o il radiocomando infatti permettono all'operatore di agganciare e recuperare il carico senza dovere salire e scendere ripetutamente dal trattore. Nel frattempo egli può controllare che il carico non si incagli durante lo strascico ed eventualmente può fermarlo e liberarlo, sempre rimanendo a distanza di sicurezza dal trattore (Spinelli, 2003).

Parametri importanti legati alla struttura e alle prestazioni della macchina sono (Spinelli, 2000):

- la forza di trazione massima: essa varia tra 25 e 120 quintali; per esboscare legname di piccole o medie dimensioni (quale quello estraibile da boschi cedui) è sufficiente un verricello avente forza di trazione a tamburo pieno pari a 15-20 quintali (35-50 quintali a tamburo vuoto), mentre in presenza di legname di grandi dimensioni (fustaie), è necessaria una forza di trazione di 25-30 quintali (60-70 a tamburo vuoto);
- tale parametro è poi collegato alla potenza erogata dal trattore: la potenza minima necessaria è di circa 20-25 kW per un verricello da 35 quintali, circa 50 kW per

un verricello di 60 quintali, almeno 65 kW per uno da 80 quintali;
- la velocità di avvolgimento della fune;
- la capacità del tamburo: non dovrebbe mai essere inferiore agli 80 metri di fune da 10 millimetri, anche se nella maggior parte dei casi la distanza di concentramento non supera i 40-50 metri;
- il peso del verricello, che varia a seconda del numero dei tamburi: esso è compreso tra 20 quintali per i modelli più leggeri a un tamburo e circa 65 quintali per i verricelli più pesanti a due tamburi.

LA SICUREZZA NEI VERRICELLI

Tutti i verricelli costruiti per l'utilizzo professionale in bosco devono essere caratterizzati da uno specifico equipaggiamento e da una serie di particolari dotazioni ai fini della sicurezza del lavoro:
- bocca di esbosco per evitare l'eccessiva usura della fune e facilitarne il regolare avvolgimento sul tamburo;
- *carter* che racchiuda tutti gli organi in movimento allo scopo di impedire qualsiasi contatto accidentale con cose e persone; le parti non racchiuse dal *carter* devono essere coperte da opportune griglie di protezione;
- freno di sicurezza che eviti lo scivolamento del carico;
- scudo sollevabile che funga da ancoraggio durante il tiro e protegga il trattore in movimento dall'oscillazione dei tronchi ad esso fissati;
- struttura portante particolarmente robusta, in grado di sopportare sollecitazioni molto elevate, soprattutto nel caso dei verricelli agganciati all'attacco a tre punti del trattore e azionati dalla presa di potenza del motore;
- guidafune che renda più regolare l'avvolgimento del cavo, aumentandone la durata ed evitando eventuali bloccaggi dovuti alla sovrapposizione irregolare della fune;
- griglia di protezione a difesa dell'incolumità dell'operatore in caso di rottura della fune (Foto 2.40).

Foto 2.40. Particolare della griglia di protezione.

I dispositivi di sicurezza di cui sono dotati i verricelli forestali sono utili ed efficaci come protezione dell'operatore, ad esempio al momento dello sgancio del carico, una volta ultimato il percorso d'esbosco.

Altri accessori legati all'impiego del verricello sono (Spinelli, 2000):
- la fune, che costituisce il collegamento tra il tamburo e il legname che deve essere agganciato e avvicinato;
- i ganci montati all'estremità della fune, del tipo a occhio, in acciaio leggero e dotati di chiusura di sicurezza;
- un sistema di cordoli e ganci scorrevoli per trascinare assieme più tronchi sparsi: i cordoli sono spezzoni di catena o di fune usati per imbracare i tronchi, mentre i ganci scorrevoli sono montati sulla fune principale e permettono di innestare i cordoli in qualsiasi punto della sua lunghezza;
- gli scudi in vetroresina, leggeri e robusti, che facilitano lo scorrimento dei tronchi su terreno molto accidentato;
- l'arco di esbosco, un portale carrellato alto 2-3 metri, alla cui sommità è montata una carrucola di rinvio: esso serve a sollevare dal terreno le teste dei tronchi in fase di strascico, diminuendo la resistenza al trascinamento.

In genere il concentramento con verricello è il sistema preferibile (a volte l'unico possibile) in salita ed è l'opzione più opportuna in piano e in leggera discesa; tale modalità di lavoro è piuttosto semplice ed economica, ma richiede la presenza di una rete forestale di vie di esbosco sufficientemente densa, dal momento che le distanze di concentramento sono in genere limitate a non più di 100 metri.

PICCOLI VERRICELLI AUTONOMI

Esistono anche verricelli leggeri indipendenti, portatili o su telaio a slitta, a navicella e autoissanti (Hippoliti e Piegai, 2000). Essi presentano motori a due tempi di potenza compresa tra 3-7 kW e capacità di fune di 80-150 metri. Vengono ancorati a un albero e la fune viene rinviata su una carrucola appesa a un altro albero; sono comodi e maneggevoli ma complicati da posizionare e, essendo molto più piccoli, spesso sono poco potenti e molto lenti. Si possono impiegare in casi particolari, ad esempio in siti molto impervi non accessibili ai trattori.

I mini-verricelli sono in genere macchine adatte solo per il concentramento, su distanze inferiori a 100 metri; pesando al massimo 40 kg, sono facilmente trasportabili da 2 operatori (Picchio, 2004).

La produttività media dell'esbosco tramite trattore forestale e verricello in cantieri di raccolta allestiti in boschi cedui si attesta su valori di circa 1,2 tonnellate/ora/operaio, con carichi medi di 0,6 tonnellate e distanze di esbosco pari a circa 250-300 metri (Verani, 2001).

L'uso del verricello forestale può essere introdotto anche nei cantieri di raccolta allestiti presso impianti legnosi di pianura. Nella primavera del 2004 il Centro Vivaistico e per le Attività Fuori Foresta di Veneto Agricoltura, in collaborazione con il CNR-Ivalsa, ha infatti sperimentato l'esbosco mediante verricello nell'ambito del diradamento di un arboreto da legno di pregio (con eliminazione al 10° anno delle piante presenti nelle file intercalari). Per l'occasione si è impiegato un verricello della Farmi Forest modello Jl 600/2 portato da un trattore agricolo.
Nella successiva tabella 2.11 si riportano le caratteristiche e i prezzi indicativi (IVA esclusa) di alcuni modelli di verricelli in commercio.

2.2.4 Esbosco a strascico con trattore e verricello forestale

Nell'esbosco a strascico con trattore dotato di verricello forestale si realizzano assieme le fasi del concentramento e dell'esbosco, seppure secondo differenti modalità (Hippoliti e Piegai, 2000):

- strascico indiretto: il concentramento si effettua per mezzo del verricello, mentre il trattore resta fermo;
- strascico diretto: l'esbosco si effettua col trattore in movimento, tirando il legname agganciato alla fune del verricello bloccato (Foto 2.41).

Foto 2.41. Strascico diretto in un arboreto da legno.

Durante l'esbosco le teste dei tronchi possono toccare il terreno oppure essere sollevate da terra: quest'ultima opzione riduce l'attrito e la resistenza all'avanzamento opposta dal carico durante il suo trasporto.
L'esbosco a strascico è idoneo in presenza di tronchi diritti, anche molto lunghi. Fusti di forma poco regolare, come i polloni dei cedui di latifoglie, presentano maggiori difficoltà: in tali casi essi devono essere riuniti in fasci per formare

Tabella 2.11. Caratteristiche e quotazioni sul mercato di alcuni modelli di verricello forestale.

Marca e modello	Montaggio	Azionamento	Potenza richiesta (kW)	N° di tamburi	Trasmissione	Comando	Prezzo (euro, IVA esclusa)
Bernardi BK 350	Su attacco a 3 punti	Presa di potenza del trattore	22	1	Meccanica	Manuale	1.890
Bernardi BK 700 EH	Su attacco a 3 punti	Presa di potenza del trattore	51	1	Meccanica	Elettrico a distanza - Radiocomando	5.730
Farmi JL 60 T	Su attacco a 3 punti	Presa di potenza del trattore	70	1	Meccanica	Manuale - Elettrico - Radiocomando	8.959
Farmi EV 300	Fisso e su attacco a 3 punti	Presa di potenza del trattore	30	1	Idraulica	Manuale - Elettrico - Radiocomando	2.182
KMB-TECHNIK WE 80	Fisso	Presa di potenza del trattore	52	1	Meccanica	Manuale	4.708
TAJFUN EGV 80	Su attacco a 3 punti	Presa di potenza del trattore	75-120	1	Meccanica	Manuale	4.664
Fransgard V 6000 GS	Su attacco a 3 punti	Presa di potenza del trattore	44	1	Meccanica	Manuale	3.950

Fonte: BIDINI M. (2006 f). Rassegna del mese. Verricelli forestali portati, argani tradizionali a slitta, gru a cavo a stazione motrice mobile bifune e tribune, carrelli forestali, funi in acciaio per uso forestale. Tecniko & Pratiko. Supplemento del mensile Sherwood – Foreste ed Alberi Oggi, numero 23 / Maggio 2006. Compagnia delle Foreste, Arezzo.

carichi adeguati ed è opportuno tenerne le teste sollevate da terra. Nell'esbosco a strascico di polloni di cedui è opportuno impiegare trattori di un certo peso e potenza, equipaggiati con verricelli adatti e protetti con opportuni scudi (Hippoliti e Piegai, 2000).

N.B.
Tutti i trattori, cingolati compresi, non devono circolare sul terreno del bosco in modo incontrollato, per evitarne il danneggiamento e lo sconvolgimento, ma solo lungo percorsi opportunamente attrezzati: le strade e le piste forestali. A queste il legname deve essere concentrato secondo diverse modalità, vale a dire manualmente, per avvallamento o a strascico mediante un verricello. Per tale motivo l'impiego di trattori per l'esbosco a strascico è strettamente legato alla presenza di una adeguata rete di strade e di piste forestali di strascico, caratterizzate da un'opportuna disposizione, densità e spaziatura.

Quando possibile, tale sistema di esbosco è il più semplice e con molta probabilità il più economico in assoluto. La produttività è piuttosto variabile ed è legata a più fattori (Hippoliti e Piegai, 2000):
- le dimensioni del legname oggetto di esbosco;
- il tempo richiesto per il concentramento;
- la potenza e il tipo di trattore impiegato;
- la lunghezza e le caratteristiche del percorso di esbosco.

2.2.5 Trattori articolati e trattori portanti

In questa categoria rientra una serie di tipologie di trattori impiegabili per la movimentazione della biomassa legnosa da energia:
- i trattori articolati portanti o *forwarder*;
- i trattori portanti o *transporter*;
- i trattori articolati o *skidder*.

Essi si differenziano tra loro per struttura, elementi componenti, peso, potenza, capacità di carico. La tipologia più diffusa attualmente è costituita dai *forwarder*.

2.2.5.1 I forwarder

I *forwarder* sono trattori articolati portanti nei quali si riuniscono assieme le funzionalità del trattore, del rimorchio e del caricatore (Foto 2.42).
I *forwarder* sono particolari trattori articolati con retrotreno costituito da un cassone o un telaio a culla, montato su un solo assale o su un doppio assale oscillante. Sull'avantreno, oltre al motore e alla cabina, è montata una gru con pinza idraulica per la movimentazione del legname (Picchio, 2004).

Foto 2.42. Forwarder in movimento in bosco.

N.B.
La gru è comandata dall'interno della cabina, per cui l'operatore non scende mai dal mezzo durante le operazioni di carico e trasporto del legname. Tutte le funzioni sono regolate da un computer e la macchina è comandata semplicemente per mezzo di un *joy-stick* (Spinelli, 2003). La trazione è idrostatica; tali mezzi possono avere 3 o 4 assi e 6-8 ruote motrici. La potenza del motore è generalmente compresa tra 50-150 kW (ma può anche essere superiore).

Si impiegano per il trasporto di materiale lungo fino a 8 metri; possono affrontare terreni molto pendenti e accidentati, muovendosi agilmente sia in bosco sia all'interno di alvei fluviali.
Con la gru idraulica a braccio articolato e il pianale posteriore i *forwarder* sono caratterizzati da una capacità di carico considerevole, arrivando a trasportare quantità davvero elevate, che possono attestarsi fino a 8-15 tonnellate (Spinelli, 2003; Picchio, 2004).
La praticità e la velocità d'azione dei *forwarder* si osservano non solo al momento del carico ma anche nella fase di scarico del legname trasportato (Foto 2.43), presso il piazzale in cui si procede alle successive fasi di lavorazione del processo produttivo. Con notevole velocità infatti la gru idraulica è in grado di movimentare i fusti e i polloni, svuotando il pianale e formando cataste anche molto grandi di materiale che possono essere impegnate in un secondo momento, ad esempio da un processore o da una cippatrice.

Foto 2.43. Forwarder in fase di scarico in piazzale.

Sono mezzi assai specializzati, caratterizzati da efficacia e livello tecnologico elevati: l'investimento per l'acquisto è molto oneroso (la quotazione di un *forwarder* è mediamente compresa tra 150.000 e 300.000 euro), per cui la loro dotazione è opportuna solo in presenza di piattaforme produttive molto sviluppate e caratterizzate da un'ingente disponibilità finanziaria, nelle quali tali macchine vengano utilizzate in modo continuativo.
Nella tabella 2.12 si riportano i prezzi (IVA esclusa) di alcuni tipi di *forwarder* attualmente in commercio.

2.2.5.2 I transporter

I *transporter* sono trattori portanti di piccole o grandi dimensioni, che possono essere assimilati in pratica a piccoli autocarri a trazione integrale. Si possono utilizzare per l'esbosco e il trasporto agli imposti di legna da ardere (legname di piccole dimensioni, assortimenti lunghi in genere 1-2 metri che vengono caricati a mano). Sono caratterizzati da pianali larghi circa 1,5 metri e lunghi non più di 2,5-3 metri. I carichi medi si attestano attorno a 1,5-3 tonnellate (Hippoliti e Piegai, 2000). La potenza in media è compresa tra 30-50 kW; essi sono caratterizzati da un cassone o piano di carico, quattro ruote motrici iso-diametriche e relativamente piccole, posto di guida in cabina sull'avantreno.

2.2.5.3 Gli skidder

Gli *skidder* sono trattori articolati costruiti e specializzati per l'esbosco a strascico. Sono mezzi idonei per il concentramento e l'esbosco di legname di medio-grandi dimensioni. Hanno una potenza compresa tra 50-90 kW; hanno 4 grandi ruote motrici uguali, peso di 5-8 tonnellate gravante soprattutto sull'asse anteriore, grande maneggevolezza (alla luce dell'articolazione del telaio), buona stabilità (in virtù dell'elevata larghezza, compresa tra 2,2-2,5 metri) e capacità di esercitare grandi sforzi di trazione. Sono equipaggiati con un verricello a 1-2 tamburi, con capacità di fune di 80-120 metri; oltre al verricello spesso sono montate delle pinze a comando idraulico che permettono all'operatore di raccogliere il carico senza smontare dal mezzo. Anteriormente montano una lama apripista. I carichi medi si aggirano mediamente sui 3-6 mc di legname (Hippoliti e Piegai, 2000).
Presentano il limite economico dell'elevato costo e pertanto il loro impiego nei cantieri di raccolta del legno-energia non è sempre realizzabile.

In questo ambito rientra il trattore "Carraro SRX 8400" dotato di allestimento forestale "Campese Forestal C1". Questo mezzo è una sorta di mini *skidder* (Picchi e Spinelli, 2006): è stato realizzato dalla ditta Campese snc, con la consulenza tecnica della ditta Antonio Carraro S.p.A. e con la consulenza scientifica dell'Istituto di Assestamento e Tecnologia Forestale dell'Università di Firenze e dell'Università degli Studi Forestali della Tuscia (Viterbo).

Tabella 2.12. Quotazione di alcuni modelli di forwarder.

Marca e modello	Potenza (kW)	Capacità di carico (tonnellate)	Prezzo (euro, IVA esclusa)
John Deere Forestry – 1410 D6	141	15	279.000
Komatsu Forest – Valmet 860.1	140	14	190.000-210.000
Forcar – F160	115	12	177.000-187.000
HSM – 208 F 12 t	172	12	210.000

Fonte: BIDINI M. (2006 d). Rassegna del mese. Gru idrauliche a braccio articolato "portate", pinze per tronchi, forwarder, rimorchi forestali con e senza ruote motrici. Tecniko & Pratiko. Supplemento del mensile Sherwood – Foreste ed Alberi Oggi, numero 20 / Febbraio 2006. Compagnia delle Foreste, Arezzo.

L'aderenza su qualsiasi tipo di terreno (anche sconnesso) è ottima ed è garantita dalla blindatura delle parti più esposte del veicolo, che funziona ottimamente sia come zavorra sia per proteggere la macchina durante lo svolgimento delle operazioni in bosco.
La gommatura larga (Foto 2.44) consente un minore impatto ambientale sul sottobosco e un'ottimale aderenza al suolo. L'arco di protezione posteriore, approvato in conformità alle normative vigenti, protegge l'operatore durante le manovre di esbosco in tutti e due i sensi di marcia.
Il trattore è provvisto di un verricello di serie, studiato e adattato per qualsiasi operazione di esbosco, traino e accatastamento in piena sicurezza per l'operatore. Il verricello può essere, su richiesta, fornito di radiocomando a distanza.

PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELL'ALLESTIMENTO FORESTALE "CAMPESE FORESTAL C1"

- verricello: radiocomandato; capacità del tamburo di 110 metri di fune compattata speciale da 9 mm di diametro; trasmissione a vite senza fine dalla PTO a 540 giri/min; frizione meccanica con sganciamento a trazione idraulica; forza di tiro massima di 4.500 kg; telecomando a 3 pulsanti a presenza uomo con acceleratore a distanza, attivazione suoneria di allarme, comando di tiro, arresto, allentamento della fune;
- blindatura ventrale: sagomata a protezione del corpo motore, con rialzi laterali e con apertura di accesso alle parti meccaniche di frequente manutenzione;
- blindatura ventrale: sagomata per il retrotreno a protezione della trasmissione, dei comandi e del posto guida;
- arco di protezione posteriore fisso, omologato e tamponato con rete metallica anti-intrusione per la protezione dell'operatore in fase di strascico;
- protezione anteriore asportabile per il corpo motore, radiatore e cofano; protezione dei fari con rete metallica anti-intrusione;
- schermature delle fanalerie esterne sui parafanghi anteriori e posteriori;
- zavorre sagomate montate nei cerchi delle ruote anteriori e posteriori anche con funzioni di protezione del labbro dei cerchioni e delle valvole dei pneumatici;
- pneumatici Trelleborg 400x55 – 17,5 14 PR;
- catene Rud 12,5x20 sulle 4 ruote.

(Fonte: www.campeseonline.com; www.antoniocarraro.com).

PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEL TRATTORE FORESTALE "CARRARO SRX 8400"

- motore: 55 kW di potenza massima;
- cambio: sincronizzato a 32 marce (16 AV e 16 RM) con inversore sincronizzato;
- sterzo: con idroguida a 2 pistoni dimensionato su macchina articolata;
- freni: a disco in bagno d'olio sulle 4 ruote, a comando idraulico, esenti da usura e da registrazione;
- sollevatore idraulico: capacità 1.650 kg;
- posto di guida: reversibile;
- dimensioni: passo = 1.505 o 1.590 mm; lunghezza max = 3.350 mm (3.720 mm con verricello di serie); carreggiata = 1.180 mm con pneumatici 400/55-17,5; larghezza esterna ruote = 1.590 mm; luce libera = 260 mm oppure 300 mm; peso della versione originale Carraro = 1.860 kg; peso della versione forestale allestita = 2.955 kg con verricello e 2.565 kg senza verricello.

(Fonte: www.campeseonline.com; www.antoniocarraro.com).

Foto 2.44. La larga gommatura e la blindatura delle parti più esposte consentono una piena funzionalità nei lavori in bosco.

Le piccole dimensioni, unite all'ottimizzazione della ripartizione dei pesi sugli assi e del rapporto passo-larghezza della gommatura, rendono il veicolo stabile, sicuro, potente nel traino e forte e affidabile nell'esbosco.

Il peso del trattore è quasi equamente ripartito sui due assi, sia con il verricello montato di serie, sia con il sollevatore originale atto a supportare anche un verricello leggero non professionale.
Il baricentro molto basso permette alla macchina di svolgere con sicurezza le sue funzioni in terreni pendenti e di difficile accesso, situazione che invece impedisce di operare con trattori forestali normali, dato il rischio di pericolosi ribaltamenti e le difficoltà di muoversi lungo piste strette. Anche per lo strascico tale mezzo, essendo appositamente zavorrato e ben aderente al suolo, offre stabilità e potenza assai elevate e affidabili.
Il prezzo del trattore completo di allestimento si aggira attorno ai 60.000 euro (IVA esclusa).

N.B.
Lo *skidder* in questione è un mezzo appositamente studiato, costruito e omologato per un uso esclusivamente professionale, da parte di ditte che si occupano unicamente di utilizzazioni boschive. La capacità di soddisfare tutti i requisiti di sicurezza e di mobilità necessari a un mezzo forestale, l'agilità e la potenza del verricello permettono di fornire una notevole produttività. Il suo impiego risulta ideale in particolare nei casi in cui le condizioni della viabilità o del terreno sconsigliano l'uso di mezzi più pesanti o ingombranti, oppure nei casi in cui i volumi trattati annualmente non giustificano la dotazione di macchine più pesanti e produttive ma decisamente più costose (Picchi e Spinelli, 2006).

2.2.6 Motocarriole, ATV, minitrattori

Tali macchine possono essere validamente impiegate:
- nelle operazioni di concentramento ed esbosco in diradamenti (Picchio, 2004);
- nei lavori di cura e manutenzione del bosco, caratterizzati dal taglio di fusti molto piccoli e dalla loro successiva movimentazione fino a un imposto o un piazzale raggiungibile da mezzi più pesanti (autocarri).

In genere i trattori convenzionali sono troppo ingombranti e si adattano male a questo tipo di lavoro (Spinelli, 2000): anche la loro grande potenzialità di carico alla fine rimane in parte inutilizzata, poiché è difficile formare carichi rilevanti raccogliendo piccole piante sparse in più cumuli distribuiti nel popolamento.
In passato l'operazione di esbosco in questi contesti veniva effettuata con animali da tiro, ad esempio muli e cavalli: la soluzione attuale più moderna e vantaggiosa è quella di impiegare macchine che abbiano dimensioni e capacità di carico simili ma che allo stesso tempo risultino sufficientemente economiche.
Tali requisiti sono soddisfatti da tre tipi di macchine:
- motocarriole;
- ATV;
- minitrattori.

Ogni tipologia ha, tra le sue prerogative specifiche, una serie di vantaggi e svantaggi: la scelta della macchina dipende dalle caratteristiche del terreno, dal sistema di lavoro e dalle disponibilità economiche del cantiere (Spinelli, 2000). Queste macchine nel loro insieme sono caratterizzate da:
- basso costo iniziale, per permetterne anche un utilizzo saltuario;
- elevata manovrabilità, per operare in spazi ristretti;
- estrema leggerezza del mezzo, per facilitarne il trasporto nelle diverse zone operative, consentendo anche l'utilizzazione di piccoli lotti sparsi;
- bassa pressione al suolo, per consentirne l'utilizzo anche su terreni umidi e innevati, riducendo il danno al suolo per compattazione.

2.2.6.1 Le motocarriole

Si tratta di mezzi molto leggeri: l'operatore cammina a fianco della macchina stessa, guidandola tramite un manubrio presso cui si trovano i vari comandi (Picchio, 2004).
Sono macchine molto versatili e possono essere adattate a molti impieghi diversi nel campo agrario e forestale: tra gli altri usi si ricordano il trasporto di piantine nei rimboschimenti e la movimentazione di attrezzature pesanti. Sono caratterizzate da motori a 2 o 4 tempi, con potenza variabile tra 4-10 kW. Il peso a vuoto è compreso tra 250-300 kg; la larghezza massima varia tra 1-1,30 metri, consentendo un'ottima manovrabilità anche in spazi ristretti. Spesso la macchina per uso forestale è dotata di cingoli in gomma, ma vi sono anche modelli a quattro ruote motrici (Spinelli, 2000; Picchio *et al.*, 2005).
Esistono versioni dotate di apposita struttura di protezione e contenimento per sostenere la caduta delle piante e permetterne in seguito una più facile sramatura e depezzatura. Per quanto riguarda il concentramento e l'esbosco, i tronchi possono essere portati a semi-strascico o del tutto sollevati da terra: esistono modelli dotati di ralla o di piccolo rimorchio con struttura a culla. Spesso inoltre tali macchine sono dotate di una slitta per lo strascico o di un piccolo verricello per agevolare il trasporto dei tronchi più pesanti; a volte al verricello può essere abbinato un piccolo braccio di carico (Spinelli, 2000).

N.B.
Rispetto agli ATV e ai minitrattori, le motocarriole sono più economiche e più leggere e consentono un impiego saltuario e piuttosto differenziato. Sono macchine molto compatte e maneggevoli, ma più lente degli ATV e meno potenti dei minitrattori. Sono mezzi efficienti e sicuri; restano in ogni caso macchine destinate a un impiego semi-professionale, in grado di svolgere un ruolo di supporto ad altre attrezzature principali (Spinelli, 2000).

2.2.6.2 Gli ATV

Tale sigla significa "*All Terrain Vehicle*", vale a dire veicolo "tuttoterreno". Si tratta di mezzi leggeri di derivazione e impostazione motociclistica, che negli ultimi anni hanno subito sostanziali modifiche per migliorarne affidabilità, stabilità e aderenza (Picchio, 2004; Picchio *et al.*, 2005).
L'operatore siede sulla macchina e la guida attraverso un manubrio che contiene gran parte dei comandi.
Gli ATV impiegati nel settore forestale hanno quattro ruote motrici, doppio differenziale, sospensioni indipendenti, pneumatici a bassa pressione, opportune protezioni, cambio a più velocità e rapporti molto corti. Le versioni più potenti presentano motori a 4 tempi a benzina con cilindrata di 250-750 cm^3 e potenza di circa 10-20 kW; il peso a vuoto del veicolo varia tra 350-750 kg; la larghezza massima in genere non supera il metro (Picchio *et al.*, 2005).
Nel settore agricolo tali macchine possono essere impiegate per una vasta gamma di lavori e sono dotate di accessori di vario tipo. Nel campo propriamente forestale gli ATV possono essere appositamente equipaggiati per eseguire il concentramento e l'esbosco fino all'imposto: come accessori, tali mezzi possono essere dotati nei vari modelli di un carrello, di un arcone per il semi-strascico, di uno scudo da esbosco per lo strascico diretto, di un verricello elettrico o idraulico con motore indipendente (Picchio *et al.*, 2005).

N.B.
Si tratta di mezzi molto mobili e versatili, ottimamente impiegabili per la raccolta del legno da agricoltori che utilizzano i propri lotti boschivi aziendali o da piccoli contoterzisti. Come le motocarriole, restano in ogni caso macchine destinate a un impiego semi-professionale, in grado di svolgere un ruolo di supporto ad altre attrezzature principali (Spinelli, 2000).

2.2.6.3 I minitrattori

Nell'ambito dei minitrattori rientra una gamma molto vasta di veicoli, sviluppati per impieghi specifici in campo forestale e caratterizzati da elevate prestazioni, dimensioni particolarmente ridotte, elevata manovrabilità e buona aderenza (Picchio, 2004).
Si tratta di piccoli trattori di potenza compresa tra 10-25 kW, che consumano poco e resistono molto agli sforzi. La trasmissione può essere, a seconda dei modelli, meccanica o idraulica (Spinelli, 2000; Picchio *et al.*, 2005).
I minitrattori sono in grado di lavorare su terreni che raggiungono pendenze fino al 40-60% e di aggirare ostacoli sfruttando l'ingombro ridotto e la buona maneggevolezza. Possono entrare in bosco senza provocare danni eccessivi, concentrando piccoli fasci di piante abbattute. Le operazioni di concentramento ed esbosco sono permesse dalla dotazione di un verricello e di uno scudo per l'esbosco a strascico diretto (Picchio *et al.*, 2005).
Molti minitrattori possono diventare attrezzature polifunzionali, in quanto sono predisposti per l'applicazione di vari tipi di operatrici (dotazione di un sollevatore idraulico anteriore e posteriore): dai decespugliatori ai miniprocessori, dai caricatori alle pinze per la movimentazione di carichi (Spinelli, 2000; Picchio *et al.*, 2005).

N.B.
Il peso abbastanza rilevante garantisce ai minitrattori un'elevata stabilità: esso varia tra 0,3-1,5 tonnellate fino a 3-4 tonnellate nei modelli più grandi; la larghezza totale è maggiore rispetto a motocarriole e ATV, ma non supera mai gli 1,2-1,5 metri di ingombro. Maggiori dimensioni comportano una certa perdita di maneggevolezza, ma permettono un aumento della capacità di trazione e del carico massimo trasportabile (fino a 2-2,5 tonnellate). Le velocità restano comunque interessanti, arrivando fino a 20 km/ora come punta massima.

2.2.7 Le gru idrauliche

Se la movimentazione della biomassa legnosa implica anche il sollevamento del materiale, l'opzione migliore è il ricorso ai caricatori forestali: ad esempio per il carico di rimorchi, per la formazione di cataste e per l'approvvigionamento di macchine taglia-spacca legna automatiche.
Diversi sono i modelli esistenti di caricatori impiegati per tali scopi:

- semoventi (Foto 2.45);
- montati su rimorchio o *forwarder* (Foto 2.46);
- montati su trattore (Foto 2.47);
- montati su autocarro o autotreno.

Foto 2.45. Caricatore semovente.

Foto 2.46. Caricatore montato su rimorchio.

I caricatori più usati in ambito forestale sono quelli dotati di braccio idraulico: essi sono molto versatili e permettono un preciso posizionamento del legname anche nelle situazioni più complicate e sfavorevoli.
Il caricatore a braccio idraulico è costituito da più elementi (Spinelli, 2000):

- un basamento sui cui lati sono montati gli stabilizzatori;
- una colonna girevole e due sezioni articolate: all'estremità superiore del pilone è incernierato il primo segmento del braccio; all'estremità finale del primo braccio è incernierata la seconda parte del braccio, telescopica; il movimento di questi elementi è dovuto a più pistoni idraulici;
- un rotatore, cioè un piccolo motore idraulico montato all'estremità del braccio che serve per far ruotare l'organo di presa;
- un organo di presa, che può essere di tipo e grandezza differente, a seconda delle caratteristiche del braccio e di quelle del materiale da caricare: in campo forestale sono comuni le pinze per tronchi; la possibilità di applicare al braccio operatrici diverse fornisce ai caricatori idraulici il pregio di una grande versatilità.

Foto 2.47. Caricatore montato su trattore.

N.B.
Il braccio idraulico per essere impiegato in campo forestale deve essere robusto e affidabile: le componenti strutturali devono essere in acciaio ad alta resistenza per garantire buona rigidità, i cilindri e le tubazioni idrauliche devono essere massicci. Un'altra importante prerogativa richiesta è la grande compattezza e maneggevolezza: esistono bracci idraulici diritti, ma i modelli migliori sono quelli ripieghevoli a Z, che occupano meno spazio offrendo un ingombro il più possibile ridotto (Bidini, 2004 e; Bidini, 2006 c).

Un altro requisito fondamentale è la presenza di molteplici dispositivi di sicurezza. Data l'elevata pericolosità dei lavori eseguiti per mezzo del braccio idraulico, sia per l'operatore alla guida del mezzo, sia soprattutto per gli aiutanti che si muovono nelle immediate adiacenze, è necessario prestare sempre notevole attenzione durante tutte le fasi e le manovre del lavoro.

Tra i dispositivi di sicurezza va evidenziata la posizione di lavoro dell'operatore, che deve essere situata in un luogo non raggiungibile né dai tronchi né dagli organi di carico. La migliore opzione è quella in cui l'operatore lavora all'interno della cabina del trattore, con sedile ruotabile di 360° e in una posizione da cui può godere di buona visibilità; in alternativa va bene anche un sedile o un sellino montato sulla colonna del caricatore.
Nel caso di caricatori semoventi, vale a dire la tipologia che più delle altre corre il rischio di ribaltamento o di caduta di carichi sospesi sull'operatore in azione, spesso sono previste cabine chiuse e rinforzate.
I comandi sono costituiti da più leve (in genere 5-6) disposte in fila; nei caricatori più moderni la guida avviene per mezzo di un più semplice e funzionale *joy-stick*.
Per quanto riguarda le caratteristiche essenziali in termini di prestazioni, si deve tener conto di più fattori e parametri (Spinelli, 2000):

- il massimo sbraccio, che indica la distanza massima fino a cui è possibile raggiungere il materiale da caricare: normalmente è compreso tra 4-6 metri, ma può arrivare fino a 10 metri; maggiore è lo sbraccio, minore è il numero di manovre necessarie per completare le operazioni di carico;
- l'angolo di rotazione del braccio, che permette di valutare l'area effettivamente coperta da ciascuna posizione in cui è situato il caricatore;
- la coppia di rotazione, che indica la forza disponibile per la rotazione del braccio;
- la coppia di sollevamento, che indica l'alzata massima del caricatore alle diverse distanze;
- il peso dei diversi modelli montabili su trattori o rimorchi forestali: in genere il peso dei caricatori (comprese le pinze per tronchi) varia tra i 750 e i 1.600 kg;
- l'apertura della pinza per tronchi, in genere compresa tra 1-1,5 metri; è preferibile l'impiego di pinze ad apertura ampia, in grado di riunire e caricare più agevolmente legname accatastato male. Le pinze per tronchi sono applicate al braccio idraulico della gru tramite un rotore e possono essere di differente modello a seconda del tipo di materiale che devono movimentare: standard, rinforzate, per sezioni minori o con kit "sega idraulica" (Bidini, 2006 c).

Le gru idrauliche a braccio articolato impiegate per la movimentazione del legname in bosco possono essere di più tipi:

- portate: sono quelle maggiormente impiegate in questo contesto;
- trainate;
- carrellate.

Per una più corretta classificazione si possono individuare quattro tipologie principali di caricatori a braccio idraulico (Spinelli, 2000):

- caricatori semoventi;
- caricatori portati montati su *chassis* rimorchiabile;
- caricatori portati montati su trattore agricolo;
- caricatori portati montati su rimorchio forestale.

I caricatori semoventi sono modelli piuttosto efficienti ma hanno un costo elevato, che in genere supera i 50.000 euro. Sono convenienti quando il piazzale di lavorazione è molto vasto, se gli assortimenti presenti sono numerosi e vanno ripartiti in più cataste separate; si tratta tuttavia di macchine sovradimensionate e troppo costose per un loro utilizzo in bosco (Bidini, 2004 e).

N.B.
Un caricatore forestale semovente, gommato o cingolato, dotato di potenza di 80 kW, 4 ruote motrici e sterzanti, trasmissione idrostatica continua, braccio di 6 metri con sfilo di 0,8-1,4 metri, ha un prezzo compreso tra i 60.000 e i 100.000 euro (IVA esclusa). L'acquisto di un mezzo usato, ovviamente utilizzabile per gli scopi prefissati, può portare a un notevole risparmio.

I caricatori carrellati, montati su *chassis* (telaio) rimorchiabile, sono sicuramente più economici dei semoventi, ma presentano inconvenienti per quanto riguarda la mobilità. Risultano poco adatti e sono sconsigliati per i lavori forestali, nei casi in cui il terreno non sia pianeggiante e siano necessari frequenti riposizionamenti. Il loro prezzo mediamente oscilla tra i 40.000 e i 60.000 euro.
I caricatori montati direttamente sul trattore o sul rimorchio forestale sono molto probabilmente i più adatti all'impiego in campo forestale.
Confrontando tra loro queste due ultime opzioni, l'opzione del caricatore montato sul trattore offre una grande maneggevolezza ma l'insieme trattore-caricatore è caratterizzato da una minore stabilità. Tale opzione viene generalmente utilizzata per l'impiego nei piazzali, ma non è molto conveniente per l'esbosco vero e proprio.
I caricatori applicati sul rimorchio rispetto a quelli montati sul trattore danno più stabilità, ed è anche possibile stabilizzare il carico di legname appoggiandogli sopra la gru. Inoltre, in presenza di condizioni di terreno sfavorevoli, è possibile cambiare modalità di esbosco sganciando il rimorchio e applicando al trattore un verricello.
Il prezzo delle gru idrauliche a braccio articolato applicabili al trattore o al rimorchio varia sensibilmente a seconda della casa costruttrice e delle caratteristiche delle gru stesse.

Il prezzo dei modelli di taglia medio-piccola varia dai 10.000 ai 20.000 euro (IVA esclusa). Per gru più grosse e dalla maggior capacità invece, a seconda della casa costruttrice, il prezzo è compreso tra 20.000 e 35.000-40.000 euro (sempre IVA esclusa).
Nella successiva tabella 2.13 si riportano i prezzi attuali di alcuni modelli di gru idrauliche.
Un ultimo caso di possibile impiego della gru idraulica in campo forestale è l'applicazione del braccio caricatore direttamente a una cippatrice o a un *forwarder*. Tale opzione è ormai praticamente indispensabile in presenza di macchine di medio-grande potenza in grado di lavorare ingenti quantità di biomassa legnosa: la praticità e la velocità d'azione consentono di incrementare in modo significativo la produttività del lavoro. Di seguito si riportano alcuni esempi fotografici di cippatrici e *forwarder* dotati di braccio caricatore (Foto 2.48 e Foto 2.49).

Foto 2.48. Braccio caricatore applicato direttamente su una cippatrice.

Foto 2.49. Gru idraulica applicata su un forwarder.

2.2.8 Le pinze per tronchi

Le pinze per tronchi (Foto 2.50) sono denominate anche pinze forestali o pinze da esbosco e costituiscono un elemento essenziale per l'esbosco a strascico (o a semi-strascico), sia in bosco sia su terreni pianeggianti, ad esempio dopo l'utilizzazione di siepi campestri o di arboreti.

Foto 2.50. Pinza per tronchi.

Tabella 2.13. Prezzi sul mercato di alcuni modelli di gru idrauliche.

Marca e modello	Tipo	Prezzo (euro, IVA esclusa)
Dalla Bona AS 530	Su trattore, rimorchio, autocarro, autotreno	24.700
Farmi Forest HK 5266	Su trattore, rimorchio	23.266
LIV L 15.78 P	Su autocarro, autotreno	43.420
Negrisolo CF 7T	Su trattore	13.500
Schwarz KTS 5,3	Su trattore, rimorchio	10.860

Fonte: BIDINI M. (2006 d). Rassegna del mese. Gru idrauliche a braccio articolato "portate", pinze per tronchi, forwarder, rimorchi forestali con e senza ruote motrici. Tecniko & Pratiko. Supplemento del mensile Sherwood – Foreste ed Alberi Oggi, numero 20 / Febbraio 2006. Compagnia delle Foreste, Arezzo.

Sono costituite da una pinza idraulica azionata da un martinetto (raramente due) e montata sul sollevatore idraulico posteriore del trattore (Picchio, 2004).
La pinza è fissata mediante uno snodo, in modo da poter ruotare durante le manovre di svolta. La rotazione può essere libera oppure comandata sempre mediante martinetti idraulici.

N.B.
I parametri che caratterizzano le pinze per tronchi sono:
- la massima apertura, variabile tra 1-2,3 metri;
- il carico massimo, compreso nei vari modelli tra 1.000-5.000 kg;
- il momento di rotazione, espresso in kN;
- il peso, variabile tra 100-400 kg.

Tra i vantaggi di questa tecnica di esbosco si segnala la possibilità di effettuare l'operazione con un unico operatore e di agganciare indifferentemente singoli tronchi o fasci di tronchi. Come possibili svantaggi, invece, l'operazione richiede che il legname sia già concentrato e che la distanza da percorrere non risulti elevata (Cavalli, 2004).
La pinza risulta più conveniente del verricello su terreni pianeggianti, dove il trattore può arrivare a diretto contatto con i tronchi. Con l'ausilio della pinza si riducono lo sforzo e il lavoro dell'operatore, il quale non deve più scendere dal trattore e agganciare i tronchi al verricello ma può invece esboscare interi fastelli (Foto 2.51) qualora sia già avvenuto un pre-concentramento nelle precedenti fasi del lavoro.
La produttività del lavoro svolto dal trattore con pinza per tronchi applicata può essere in molti casi più che doppia rispetto a quella del trattore con verricello: quest'ultima infatti è spesso soddisfacente solo nel caso in cui le piante siano fortemente sviluppate e permettano di costituire un importante carico riunendo pochi pezzi.
In presenza di grossi trattori forestali dotati di pinza per tronchi e anche di verricello (per l'operazione di concentramento), la produttività di esbosco nei popolamenti cedui si attesta su valori di circa 1,8 tonnellate/ora/operaio (Verani, 2001).

Foto 2.51. Esbosco con una pinza-tronchi di un fascio di più fusti e polloni.

N.B.
A seconda del modello e della casa costruttrice, il prezzo di una pinza per tronchi può mediamente oscillare tra 1.000 e 6.000 euro (IVA esclusa). Si deve tenere conto anche del tipo di trattore a cui applicare l'operatrice: la potenza richiesta si attesta in media attorno a circa 60 kW.

In tabella 2.14 si riportano i prezzi di alcuni tipi di pinze per tronchi in commercio.

2.2.9 I caricatori forestali su pala gommata

Nei cantieri di raccolta allestiti presso impianti legnosi di zone di pianura un'opzione interessante per il concentramento e l'esbosco è costituita dal ricorso ai caricatori forestali su pala gommata.
Questa categoria di mezzi rientra nell'ambito della meccanizzazione leggera e il loro uso può presentare molteplici vantaggi:
- velocità e agilità nello spostamento;
- relativa facilità nella manipolazione e nella movimentazione della biomassa legnosa;
- ridotto ingombro di manovra.

Un altro vantaggio significativo si riscontra nella poli-funzionalità di queste macchine: esse possono essere impiegate infatti per molteplici tipologie di operazioni (lavori agricoli, forestali, industriali, edili); tale intercambiabilità è permessa

Tabella 2.14. Quotazione di alcuni modelli di pinze per tronchi.

Marca e modello	Carico max (kg)	Peso (kg)	Prezzo (euro, IVA esclusa)
Dalla Bona – PTM	1.800	125	1.600
Hultdins – Super Grip R 360	5.000	341	4.970
Cranab – G 25	3.500	170	3.510
Farmi Forest – PTK 030	1.500	112	2.583

Fonte: BIDINI M. (2006 d). Rassegna del mese. Gru idrauliche a braccio articolato "portate", pinze per tronchi, forwarder, rimorchi forestali con e senza ruote motrici. Tecniko & Pratiko. Supplemento del mensile Sherwood – Foreste ed Alberi Oggi, numero 20 / Febbraio 2006. Compagnia delle Foreste, Arezzo.

dalla semplice variazione dell'attrezzatura applicata alla motrice, dal momento che tale sostituzione si rivela sempre tendenzialmente rapida e agevole.
Nei vari casi si possono applicare diverse tipologie di benne, pale con griffe, pinze e forche per il carico: la scelta dell'attrezzatura più idonea dipende dal contesto in cui il mezzo viene impiegato e nei cantieri di raccolta del legno-energia essa è legata alla natura del materiale da trasportare (a seconda cioè che si debbano movimentare polloni o fusti interi, tronchetti già sezionati lunghi 1-2 metri, legno cippato).
Si può ipotizzare una sempre più consistente diffusione di questa gamma di macchine presso un crescente numero di aziende che svolgono lavori agricolo-forestali (dedicandosi ad esempio alla gestione di una piattaforma produttiva del legno-energia): l'investimento in termini monetari per l'acquisto di tali mezzi non è proibitivo e la dotazione delle specifiche attrezzature accessorie (a seconda delle diverse esigenze e delle molteplici destinazioni d'uso) non comporta ulteriori esborsi eccessivamente onerosi.
In quest'ottica i tecnici del Centro Vivaistico per le Attività Fuori Foresta di Veneto Agricoltura nell'autunno del 2006 hanno testato l'impiego di una macchina di questo tipo in un cantiere di raccolta allestito presso un arboreto da biomassa a turno medio allo scadere del primo turno di taglio.
Si è sperimentata l'efficienza del sollevatore telescopico Maniscopic MVT 730 T "Compact Agri" (Foto 2.52), prodotto dalla ditta Manitou; nel cantiere in questione la macchina ha provveduto alla movimentazione di piante intere dal letto di caduta in campo a un'adiacente capezzagna, realizzando più cataste al fine della successiva cippatura del materiale esboscato.

Foto 2.52. Sollevatore telescopico Maniscopic MVT 730 T "Compact Agri".

Tra i principali pregi del sollevatore vanno menzionati in particolare la capacità di sollevamento e il ridotto ingombro: tali requisiti rispondono in modo pienamente funzionale alle esigenze dei cantieri operanti nella filiera del legno-energia.

PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEL SOLLEVATORE TELESCOPICO MVT 730 T

Potenza del motore	74,5 kW
Cilindrata del motore	4.400 cm^3
Trasmissione	Varioshift
Altezza massima di sollevamento	6,90 metri
Sbraccio massimo	3,90 metri
Capacità di sollevamento	3.000 kg
Peso totale	5.700 kg
Larghezza massima (pneumatici compresi)	2,12 metri
Altezza massima	1,99 metri
Lunghezza massima	5,70 metri
Larghezza della forca	2,35 metri
Lunghezza della forca	1,20 metri

Il sollevatore telescopico MVT 730 T è in grado di impegnare e afferrare con relativa facilità fusti e polloni con la forca o con la pala con griffe (Foto 2.53), sia se le piante sul letto di caduta sono disposte in un'andana lunga e continua, sia se sono già concentrate in piccoli cumuli.

Foto 2.53. La pala con griffe riesce ad afferrare facilmente i fusti e i polloni disposti in andana in campo.

Inoltre il mezzo riesce a muoversi con notevole agilità tra il campo e la capezzagna, soprattutto nei contesti in cui gli spazi e i margini di manovra sono ridotti e complicati dal punto di vista logistico, e riesce a coprire distanze d'esbosco anche notevoli in tempi significativamente bassi.
Una volta afferrato il fastello di piante, la macchina è in grado di procedere all'esbosco anche muovendosi in retromarcia e riesce rapidamente a creare cumuli e cataste nei punti prestabiliti (piazzole d'imposto o capezzagne ai bordi del campo) (Foto 2.54).

Foto 2.54. Il mezzo si muove con grande agilità tra il campo e la capezzagna (anche in retromarcia).

Tali cataste possono raggiungere notevoli dimensioni, dal momento che il braccio telescopico si può elevare quasi a 7 metri di altezza (Foto 2.55): la biomassa legnosa può così andare incontro alle successive fasi di lavorazione del cantiere.

Foto 2.55. Le cataste possono raggiungere svariati metri di altezza.

Il prezzo base del sollevatore telescopico Maniscopic MVT 730 T "Compact Agri" si aggira attorno ai 50.000 euro (IVA esclusa); a tale quotazione va aggiunto il costo per l'acquisto delle attrezzature accessorie (benne, pale con griffe, pinze, forche), che possono variare a seconda delle diverse modalità d'uso a cui la macchina è destinata.

2.2.10 I rimorchi forestali e i rimorchi agricoli

Il lavoro in bosco in genere non permette l'uso del normale rimorchio agricolo ma richiede l'impiego di un tipo particolare di rimorchio, vale a dire il rimorchio forestale (Foto 2.56).

Foto 2.56. Rimorchio forestale monoasse prodotto dalla Schwarz.

I principali requisiti che caratterizzano i comuni rimorchi forestali sono (Spinelli, 2000):

- la robustezza;
- la maneggevolezza;
- la mobilità.

La robustezza è necessaria alla luce del rilevante peso del carico di legname trasportato e delle notevoli sollecitazioni a cui il mezzo è sottoposto durante il transito sulle piste e strade forestali. Per tale motivo i rimorchi forestali sono sempre sovradimensionati e molto più pesanti dei normali rimorchi agricoli.
La maneggevolezza e la mobilità sono legate alla natura dell'ambiente di lavoro in cui si opera: presenza di numerosi ostacoli, percorsi tortuosi, terreni accidentati. Per tali motivi si richiedono ingombri limitati, ampia luce libera a terra e baricentro basso.
I rimorchi forestali si contraddistinguono inoltre per le ruote più larghe e per l'assale trazionato: la trazione sull'assale del rimorchio è ottenuta tramite il collegamento alla presa di forza sincronizzata del trattore (Spinelli, 2000; Spinelli, 2003). La trazione delle ruote del rimorchio è più importante di quella sull'asse anteriore del trattore, poiché sull'asse del rimorchio carico grava un peso sicuramente maggiore.
Le ruote motrici garantiscono al rimorchio un buon arrampicamento e conferiscono un'ottima azione di frenatura durante la discesa; vi sono tuttavia rimorchi forestali che non sono dotati di ruote motrici.
I trattori impiegati per portare i rimorchi forestali devono essere dotati dell'opportuno allestimento per il lavoro in bosco; devono inoltre avere trazione integrale e dimensioni compatte. Solitamente si richiedono 8-9 kW di potenza per ogni tonnellata di carico trasportato col rimorchio: pertanto le potenze medie dei trattori usati per tale scopo sono comprese

tra 30-60 kW (Spinelli, 2000; Hippoliti e Piegai, 2000).
In genere i rimorchi forestali vengono omologati per la circolazione su strada, in modo da impiegarli anche per spostamenti su brevi distanze, facilitando i trasporti tra i vari cantieri di raccolta.
La struttura di un rimorchio forestale consta di un telaio portante, che viene collegato al trattore per mezzo di un timone; il telaio poggia su un assale, sostenuto da due o più ruote. Se la struttura del telaio non permette di caricarci sopra direttamente il legname, su di esso può essere montato un pianale di carico (Spinelli, 2000).
La trasmissione può essere di tipo meccanico o idraulico: la prima modalità è molto più economica e anche più robusta.
I rimorchi più grandi e pesanti sono spesso caratterizzati da un doppio assale. I pneumatici sono a sezione larga e bassa pressione; il timone può essere rigido o dotato di snodo idraulico (Spinelli, 2000; Picchio, 2004).
Spesso sopra il telaio è incernierato un pianale rettangolare che consente lo scarico rapido del legname trasportato tramite ribaltamento, per mezzo di un pistone idraulico. Il ribaltamento può essere effettuato verso un solo lato (quello posteriore) o trilaterale (verso la parte posteriore e i lati). Sui rimorchi forestali impiegati per le operazioni in bosco possono essere montate o meno le sponde.
In molti casi i rimorchi forestali sono muniti anche di una gru idraulica a braccio articolato per facilitare le operazioni di movimentazione, carico e scarico del legname. L'applicazione del braccio caricatore direttamente sul rimorchio conferisce stabilità e versatilità: sganciando il rimorchio il trattore può essere usato per molteplici altri lavori. In alternativa il braccio caricatore è applicabile sul trattore: questa opzione garantisce un facile azionamento in presenza di posto di guida reversibile (Spinelli, 2000; Spinelli, 2003; Picchio, 2004).
Con i rimorchi forestali vengono esboscati o trasportati agli imposti assortimenti di piccole dimensioni, comprese solitamente tra 1-2 metri di lunghezza; essendo in genere il pianale largo 1,6-2 metri e lungo 3-4 metri, sui rimorchi forestali si caricano quantità di legna da ardere comprese mediamente tra 3-6 tonnellate (Hippoliti e Piegai, 2000).
Nei cantieri di raccolta allestiti presso impianti legnosi ubicati nelle zone di pianura si impiegano normalmente i comuni rimorchi agricoli in dotazione alle aziende coinvolte.
Un approfondimento sulle caratteristiche e sulle varie tipologie di rimorchi agricoli solitamente utilizzati in questo contesto si ritrova nel successivo capitolo 3, nel paragrafo relativo ai mezzi e alle modalità di trasporto della biomassa legnosa.
Nella tabella 2.15 si possono osservare alcune caratteristiche e i prezzi (IVA esclusa) di alcuni rimorchi forestali.

2.2.11 Le gabbie per la legna da ardere

In alternativa al rimorchio forestale, per l'esbosco della legna da ardere si può fare uso di apposite gabbie: esse sono costituite da un pianale che è montato direttamente sul trattore e non su una struttura a sé (Spinelli, 2000). Molto spesso sono presenti per questo scopo due pianali, uno davanti e uno dietro il trattore (gabbia anteriore e gabbia posteriore), per un maggior bilanciamento del carico.
Il pianale posteriore è applicato al sollevatore idraulico del trattore; quello anteriore è applicato al sollevatore del trattore (dove esso sia presente) oppure è saldato fisso, rigidamente, alla struttura del telaio del trattore stesso (Spinelli, 2000; Picchio, 2004).
Ogni pianale è caratterizzato dalla presenza di tre sponde, in genere fisse e a struttura tubolare: due sponde laterali e una sul lato verso il trattore. La gabbia di solito è larga come il trattore ed è profonda circa 1 metro: tale spazio consente di caricare solo legno corto (le gabbie sono impiegate solo per la legna da ardere). L'altezza di carico arriva al massimo a 2 metri circa (Spinelli, 2000).
La gabbia posteriore ha sempre una capienza maggiore della gabbia anteriore (in genere capienza doppia); la capacità di carico complessiva è comunque sempre inferiore a quella di un normale rimorchio forestale. In media la portata complessiva delle due gabbie si aggira sulle 2-3 tonnellate

Tabella 2.15. Caratteristiche e prezzi di alcuni rimorchi forestali.

Marca e modello	Ruote motrici	Numero assali	Pianale	Peso su strada-Tara (kg)	Prezzo (euro, IVA esclusa)
Bernardi B60FM	SI	1	Per tronchi	6.000 – 2.150	11.200
Kronos 120 4 WD	SI	4	Per tronchi	9.000/12.000 – 1.950	22.500
Schwarz KTF 10047	SI	2	Triribaltabile	10.000 – 2.500	13.540
Negrisolo RF 100	NO	2	Per tronchi	11.520 – 1.520	12.200

Fonte: BIDINI M. (2006 d). Rassegna del mese. Gru idrauliche a braccio articolato "portate", pinze per tronchi, forwarder, rimorchi forestali con e senza ruote motrici. Tecniko & Pratiko. Supplemento del mensile Sherwood – Foreste ed Alberi Oggi, numero 20 / Febbraio 2006. Compagnia delle Foreste, Arezzo.

N.B.
Rispetto al rimorchio forestale, le gabbie forestali presentano un ingombro ridotto e costituiscono un'interessante alternativa nei casi in cui gli spazi per i movimenti e le manovre dei mezzi meccanici siano ristretti e dove sia necessario mantenere una sagoma più compatta. Inoltre le gabbie poggiano per terra o quasi, per cui il carico è più facile per gli operatori, che collocano la legna nelle gabbie parallelamente all'asse longitudinale del trattore (Hippoliti e Piegai, 2000). Gli svantaggi delle gabbie rispetto ai rimorchi sono dati da una minore capienza e capacità di carico e dalla velocità ridotta del mezzo portante, che costituisce un vincolo in presenza di tragitti lunghi.

al massimo. La potenza media dei trattori a cui vengono applicate le gabbie è compresa tra 50-80 kW (Picchio, 2004). Su distanze di 400 metri circa e in presenza di carichi medi di 2,5-3 tonnellate, l'esbosco con una squadra di due operatori mediante l'impiego di un trattore munito di gabbie fa registrare una produttività media compresa fra 16-18 tonnellate/giorno/operaio (Verani e Sperandio, 2005).

2.2.12 Le gru a cavo

Quando il terreno è inaccessibile ai mezzi meccanici, nei casi di forte pendenza, l'esbosco del legname può risultare molto difficoltoso: in tali condizioni l'unica possibilità rimane l'estrazione con le gru a cavo.
Si tratta di sistemi di teleferica concepiti appositamente per le utilizzazioni forestali e capaci di svolgere funzioni sia di esbosco sia di concentramento, cioè di caricare il materiale in qualsiasi punto lungo la linea portante e di concentrare sotto la linea fasci di legname posizionati lateralmente, per una distanza compresa in un raggio di 15-30 metri (Spinelli, 2000).
Il campo di azione molto più vasto e il trasporto di carichi sospesi invece che strascicati differenziano le gru a cavo dall'esbosco con il verricello (Spinelli, 2003).
L'impiego di tali sistemi di trasporto è legato alla presenza di una serie di aspetti e fattori, tra cui:

- una logistica favorevole in termini di pendenza, profilo e accidentalità del terreno;
- un'adeguata densità di piste e strade forestali che servono il sito oggetto del cantiere.

LO SVINCOLO DEL CARICO DAL TERRENO
Con le gru a cavo il legname viene trasportato sospeso da una o più funi (Foto 2.57), svincolandosi dalle caratteristiche del terreno in termini di pendenza, percorribilità, accessibilità: muovendosi in tal modo il legname non viene danneggiato e allo stesso tempo non viene a pregiudicare né il terreno né la parte di soprassuolo eventualmente rimasto in piedi (Hippoliti e Piegai, 2000).

Foto 2.57. Il carico è trasportato sospeso tramite un sistema di funi.

N.B.
Le gru a cavo sono mezzi di concentramento ed esbosco temporanei, che lavorano su linee provvisorie, le quali debbono essere montate in occasione di ogni singolo esbosco. Tali linee vengono assemblate, utilizzate per un periodo di tempo variabile (alcuni giorni, qualche settimana, pochi mesi) e quindi smontate e rimontate lungo un altro tracciato. Per tale motivo esse vanno bene in presenza di tagli forti e concentrati che permettano l'esbosco di grandi quantità di legname, sufficienti a coprire le spese di montaggio e smontaggio dell'impianto; non sono invece idonee per tagli deboli, per i quali i costi risultano troppo onerosi (Spinelli, 2000; Hippoliti e Piegai, 2000).

La struttura di una gru a cavo è composta da tre parti principali: una stazione motrice (Foto 2.58), un carrello e un sistema di cavi in acciaio.
Le gru a cavo tipiche sono caratterizzate dalla presenza di due funi: si tratta comunemente di teleferiche bifuni. In pratica su una fune di acciaio più o meno lunga, tesa e ancorata alle estremità e tenuta sollevata da terra mediante dei cavalletti, denominata fune portante, si ha lo scorrimento di un carrello di vario tipo, tirato e frenato da una seconda fune, la fune traente, che si avvolge sul tamburo di un argano (Hippoliti e Piegai, 2000; Spinelli, 2003).
Sulla base del numero di funi si distinguono i seguenti sistemi di teleferica (Hippoliti e Piegai, 2000; Picchio, 2004):

- teleferiche monofuni: presenza di una sola fune, che funge da portante o da portante-traente; possono essere di tipo

Foto 2.58. Stazione motrice di una gru a cavo.

fisso o mobile; tra esse attualmente trovano un certo impiego i fili a sbalzo e i modelli con carrello auto-traslante, dotato di motore autonomo radio-guidato;

- teleferiche bifuni: presenza di una fune portante e di una fune traente; in questo gruppo rientrano le vere e proprie gru a cavo, che si differenziano tra loro per il tipo di stazione motrice, la lunghezza della linea e il diametro delle funi impiegate;
- teleferiche trifuni: presenza di sistemi con due funi portanti e una traente, con una fune portante e due funi traenti o con una portante, una traente e una fune di sollevamento.

I FILI A SBALZO

I fili a sbalzo sono un tipo di teleferica monofune fissa: sono formati da una fune tesa su un'unica campata lunga tra 100-500 metri circa lungo la quale vengono appesi e trasportati piccoli fasci di legna da ardere: questi carichi scendono per gravità lungo la fune e si arrestano a valle al punto di scarico per la presenza di ammortizzatori rudimentali (pneumatici o fasci di ramaglie) disposti sulla fune. Sono caratterizzate da investimenti minimi e vengono impiegati per l'esbosco in discesa di legna da ardere derivante dal taglio di cedui su linee a profilo favorevole (Hippoliti e Piegai, 2000).

Il carrello e il sistema di funi, più o meno complesso, prendono il moto da una stazione motrice indipendente. La stazione motrice è costituita essenzialmente da un argano e dal motore che lo aziona (Spinelli, 2000). L'argano, a seconda del sistema a cui sovrintende, può essere dotato di uno, due o tre tamburi per l'avvolgimento delle funi impiegate. Il sistema è dotato in genere di un motore Diesel, compreso tra 70 e 100 kW di potenza.

Nei casi più semplici tale stazione motrice può essere costituita da un semplice verricello forestale modificato (Spinelli, 2003); in alcuni casi si adotta ad esempio un verricello a due tamburi con torrette applicato al sollevatore idraulico di un trattore agricolo versione forestale con potenza superiore a 35-50 kW (Iorio, 1999).

Le stazioni tradizionali sono montate su un telaio a slitta, dotato anche di eventuali ruote smontabili per il trasporto su strada. Il sistema tradizionale dell'argano su telaio a slitta rimane sempre l'opzione migliore in presenza di una viabilità forestale carente, poiché è in grado di auto-trainarsi fino al luogo di montaggio anche in assenza di piste o strade forestali. In tabella 2.16 si osservano i prezzi di alcuni argani tradizionali su slitta.

LE GRU A CAVO TRADIZIONALI

Le gru a cavo di tipo tradizionale possono essere leggere, medie o pesanti sulla base delle dimensioni dell'attrezzatura che le costituisce e dei carichi che possono impegnare: vengono impiegate per l'esbosco in salita su distanze comprese tra 100 m (distanza minima) e oltre 1 chilometro come lunghezza massima. Nell'esbosco in discesa vengono impiegate su distanze comprese tra 200-300 metri e 1-1,5 chilometri (Hippoliti e Piegai, 2000).

Gli impianti leggeri vengono impiegati su linee lunghe fino a 400 metri per l'esbosco in salita. Sono dimensionati per il trasporto di carichi relativamente modesti (0,6-1 tonnellate), con argani con motori di 15-20 kW.

Gli impianti medi vengono impiegati per l'esbosco in discesa sino a 800 metri di distanza; il carico massimo è di 1-1,5 tonnellate, gli argani hanno motori di 20-30 kW di potenza.

Gli impianti pesanti vengono montati su linee lunghe tra 600-1.500 metri. Essi sono dimensionati per il trasporto di carichi rilevanti (1,5-3 tonnellate) e sono dotati di argani con motori di potenza tra 30-60 kW.

La produttività dell'esbosco mediante gru a cavo dipende da molte variabili (Hippoliti e Piegai, 2000):

- l'intensità del taglio e la quantità complessiva di legname estraibile;
- il carico trasportabile;
- le dimensioni del legname esboscato;
- la lunghezza della linea;
- il tempo di montaggio e smontaggio dell'intero impianto.

Nella pianificazione di un intervento di raccolta con gru a cavo, le decisioni più importanti da prendere riguardano la programmazione del numero di linee da allestire e la loro collocazione (Cavalli e Lubello, 2005).

Tabella 2.16. Prezzo di alcuni tipi di argani tradizionali su slitta.

Marca e modello	Caratteristiche	Prezzo (euro, IVA esclusa)
Gantener HSW 80 NB	Potenza motore 58 kW, peso senza fune 1.875 kg	80.325
Greifenberg VFE 2000	Potenza motore 65 kW, peso senza fune 1.900 kg	70.421

Fonte: BIDINI M. (2006 f). Rassegna del mese. Verricelli forestali portati, argani tradizionali a slitta, gru a cavo a stazione motrice mobile bifune e tribune, carrelli forestali, funi in acciaio per uso forestale. Tecniko & Pratiko. Supplemento del mensile Sherwood – Foreste ed Alberi Oggi, numero 23 / Maggio 2006. Compagnia delle Foreste, Arezzo.

In linea generale l'impiego delle gru a cavo si considera conveniente quando è possibile esboscare per ogni linea almeno 0,5-1 mc di legname per metro di lunghezza della linea.
In presenza di pendenze superiori al 30% e con esbosco in salita, la produttività del lavoro si attesta su valori di 1 tonnellata/ora per operaio, su distanze di esbosco di 100 metri ed esboscando un carico medio unitario di 200-300 kg. Con carichi medi di 0,6 tonnellate/viaggio e distanze di esbosco di 200 metri si può arrivare a 1,5 tonnellate/ora/operaio (Verani, 2001).
Servendosi di gru a cavo leggere a stazione motrice mobile, con lunghezza della campata attorno a 350 metri, impiegando una squadra di 3 teleferisti ed esboscando un carico medio unitario di 200-300 kg, la produttività giornaliera lorda si aggira su valori di 20 tonnellate/squadra/giorno (Sperandio e Verani, 1998; Spinelli e Verani, 2000).
Nel luogo di arrivo del materiale, nel sito dove è stata collocata la stazione motrice, è opportuna la presenza di piazzole più o meno grandi che permettano una prima lavorazione e movimentazione della biomassa esboscata. All'imposto infatti i fastelli vengono radunati in uno o più cumuli e si possono presentare due diverse opzioni:

- qualora la piazzola sia sufficientemente spaziosa per consentire l'operatività di una cippatrice, un processore montato su escavatore o una macchina combinata taglia-spacca legna, il legname può andare subito incontro nei vari casi a una prima trasformazione;
- qualora l'ampiezza dell'imposto non permetta di maneggiare adeguatamente la biomassa esboscata, il legname viene trasportato al di fuori del bosco, in un piazzale dove si realizza in un secondo momento il processo di lavorazione.

2.2.12.1 Il carrello

Il carrello è un dispositivo capace di viaggiare sulla fune in tensione: sale o scende lungo la fune portante e giunge presso il punto di carico prefissato, presso il quale si arresta secondo varie modalità (a seconda del tipo di carrello utilizzato). Allentando la traente, essa scorre attraverso il carrello e cala a terra il gancio di carico, al quale viene collegato il carico. Tirando la fune traente, il carico viene trascinato e concentrato sotto la fune portante, poi issato e bloccato al carrello. Il carrello viene sbloccato e sale o scende lungo la portante verso la zona dove è situato l'imposto: una volta giunto al punto di scarico, con una manovra analoga il carico viene calato a terra (Foto 2.59) e sganciato (Hippoliti e Piegai, 2000).

Foto 2.59. Sgancio del carico all'imposto.

La scelta del carrello da impiegare in una gru a cavo dipende da più elementi (Bidini, 2004 f):

- il tipo di gru a cavo impiegata: tradizionale, con argano su slitta, a stazione motrice mobile;
- la direzione di esbosco: in salita o in discesa;
- la pendenza della linea di esbosco;
- il diametro delle funi impiegate.

Esistono diversi tipi di carrello, sulla base delle modalità di funzionamento e delle capacità di carico (Spinelli, 2000; Hippoliti e Piegai, 2000; Bidini, 2004 f):

- carrelli a taglia;
- carrelli semi-automatici;
- carrelli automatici;
- carrelli motorizzati.

a) Carrelli a taglia

I carrelli a taglia sono molto semplici, leggeri (massimo 60 kg di peso) ed economici, ma sono caratterizzati da capacità di carico limitate (portata massima di 1-1,5 tonnellate). Sono costituiti da due carrucole che poggiano sulla fune portante e da una terza carrucola attraverso la quale scorre la fune traente. L'arresto del carrello nei punti di carico avviene ponendo sulla portante dei semplici blocchi di linea: quando il carrello incontra il blocco di linea si arresta. Funzionano esclusivamente per gravità: possono essere impiegati solo per l'esbosco in salita e richiedono linee ripide, corte, poste lungo la massima pendenza del terreno: la pendenza minima è pari al 30%, la pendenza consigliata è vicina al 50%.

b) Carrelli semi-automatici

I carrelli semi-automatici sono più complessi dei precedenti ma molto simili dal punto di vista costruttivo. Essi si muovono in discesa per gravità e vengono trainati in salita dalla fune traente che funge anche da fune di sollevamento. Necessitano di blocchi di linea sulla portante, ai quali il carrello si aggancia e si sgancia presso i punti di carico e scarico: contemporaneamente viene sbloccato il meccanismo che fissa il gancio di carico al carrello. Tali blocchi possono essere spostati sbloccandoli e ribloccandoli da terra con funi o catene o per mezzo del carrello stesso. I carrelli semi-automatici sono più pesanti dei carrelli a taglia ma la loro portata è superiore (in genere varia tra 1-2,5 tonnellate). Sono usati nell'esbosco sia in discesa sia in salita.

c) Carrelli automatici

I carrelli automatici, rispetto a quelli semi-automatici, sono muniti di una morsa interna incorporata per il bloccaggio del carrello su qualsiasi punto della fune portante e quindi non richiedono l'uso di blocchi di linea. Essi dispongono inoltre di un dispositivo per il bloccaggio del gancio di carico della fune traente. Al loro interno si distinguono in due tipologie:

- normali: si muovono in discesa per gravità e vengono trainati in salita dalla fune traente; si differenziano per il sistema di bloccaggio alla fune portante (per inversione di marcia, a tempo o a radiocomando);
- speciali: si muovono indipendentemente dalla forza di gravità, azionati da due o più funi tra traente e ausiliarie. Si differenziano per il sistema di espulsione della fune traente, che è di tipo forzato mediante dispositivi azionati da funi ausiliarie o da motori; in alcuni casi sono dotati di una fune di sollevamento indipendente il cui azionamento è comandato da funi ausiliarie.

I carrelli automatici sono particolarmente indicati nei casi in cui la portante sia molto alta; la loro portata varia da 1 a 3 tonnellate; rispetto ai carrelli semi-automatici hanno il vantaggio di poter cambiare il punto di carico e scarico senza dover spostare ogni volta i blocchi di linea. Sono molto più complessi, per cui il costo di acquisto e le spese per la manutenzione sono molto più elevati.

d) Carrelli motorizzati

I carrelli motorizzati sono l'evoluzione più recente in questo ambito. Sono muniti di un motore Diesel autonomo per il funzionamento della fune pescante e per l'auto-dislocazione sulla fune portante, sulla quale il carrello si sposta autonomamente. Il carrello è comandato tramite radio-comando; la stazione motrice serve solo a tensionare la fune portante. Si muovono sulla fune portante mossi dalla fune traente; esistono anche modelli particolari (detti semoventi o auto-traslanti), i quali si spostano sulla portante senza avere bisogno della traente, in modo autonomo, sfruttando la potenza del proprio motore. I tempi di installazione dell'impianto sono notevolmente ridotti visto che tutto il sistema richiede il montaggio di una sola fune; è possibile l'esbosco anche su terreni pianeggianti o poco inclinati. Tali carrelli sono molto costosi e molto pesanti (fino a 800 kg), ma la loro portata raggiunge valori molto elevati (fino anche a 6

Tabella 2.17. Prezzo di alcuni tipi di carrello.

Marca e modello	Caratteristiche	Prezzo (euro, IVA esclusa)
Koller SKA 1Z	Tipo automatico, esbosco in salita, radiocomando, portata massima di 1,5 tonnellate	15.470
Greifenberg HT 30	Tipo automatico, esbosco in salita e in discesa, radiocomando, portata massima di 3,1 tonnellate	21.780
Konrad Forst Technik WOODLINER 3000	Tipo motorizzato, esbosco in salita e in discesa, radiocomando, portata massima di 3 tonnellate	59.880
Seik SFM 20/40	Tipo motorizzato, esbosco in salita e in discesa, radiocomando, portata massima di 2-4 tonnellate a seconda dell'allestimento	39.318

Fonte: BIDINI M. (2006 f). Rassegna del mese. Verricelli forestali portati, argani tradizionali a slitta, gru a cavo a stazione motrice mobile bifune e tribune, carrelli forestali, funi in acciaio per uso forestale. Tecniko & Pratiko. Supplemento del mensile Sherwood – Foreste ed Alberi Oggi, numero 23 / Maggio 2006. Compagnia delle Foreste, Arezzo.

tonnellate di carico per volta). Nella tabella 2.17 si riportano i prezzi di alcuni tipi di carrelli attualmente in commercio.

I sistemi di teleferiche tipo gru a cavo possono essere sostanzialmente raggruppati in quattro grandi categorie (Hippoliti e Piegai, 2000):

- impianti leggeri, semplici, economici; sono azionati da un trattore al quale è applicato un verricello meccanico adattato; per il loro allestimento si adoperano inoltre le funi, un carrello a taglia e pochi altri accessori; sono impiegati per l'esbosco in salita su terreni ripidi, per distanze non superiori ai 200 metri; vengono allestiti soprattutto per l'utilizzazione di boschi cedui o comunque nei casi in cui il materiale estraibile è economicamente di scarso valore; le mini gru a cavo (Spinelli, 2000) hanno una portata limitata e il loro impiego è possibile solo in presenza di una strada o di una pista a monte dell'area da utilizzare che permetta l'accesso con il trattore e il verricello;
- stazioni motrici mobili (con presenza di torrette) di tipo leggero o medio; si impiegano per l'esbosco in salita su terreni ripidi e molto inclinati e per distanze comprese tra 300-500 metri;
- stazioni motrici mobili di tipo pesante, caratterizzate dalla presenza di due funi traenti; sono impiegate per l'esbosco in salita e anche in discesa, su tutti i tipi di terreno; le distanze massime di esbosco si attestano sui 400-800 metri;
- impianti tradizionali con argano a slitta e fune portante separata; si impiegano per l'esbosco in salita e anche in discesa, su terreni inclinati e ripidi, su distanze massime di 1-1,5 chilometri.

2.2.12.2 La stazione motrice mobile

La tendenza prevalente oggi è quella di associare all'argano una struttura metallica dotata di apposite carrucole e rinvii che funge da ritto (Picchio, 2004): si parla di stazione motrice mobile (Foto 2.60). Tale tipo di stazione è stato concepito con due finalità:

- contenere i tempi di montaggio delle linee;
- rendere economico l'impiego di tali attrezzature anche in presenza di quantità di biomassa minori.

Le stazioni motrici mobili sono azionate dalla presa di potenza dei trattori oppure sono dotate di motore autonomo. Si caratterizzano per la presenza di un ritto di estremità metallico alto 5-10 metri, che serve ad alzare le funi da terra e a sostenerle: la presenza di un ritto incorporato, opportunamente controventato, permette maggiore indipendenza per quanto riguarda la scelta del sito di ubicazione della stazione (anche in assenza di robusti alberi come ancoraggi naturali su cui fissare la fune portante) e maggiore

Foto 2.60. Gru a cavo a stazione motrice mobile.

rapidità nel montaggio. Il ritto è costituito da un traliccio pieghevole o da una torre telescopica ed è equipaggiato con argani manuali per l'avvolgimento e il tensionamento delle controventature (Foto 2.61) di ancoraggio (Spinelli, 2000; Spinelli, 2003).

Tutta l'attrezzatura può essere installata, trasportata e azionata in diversi modi e con differenti mezzi: ad esempio gli argani possono essere montati su un apposito rimorchio, su un telaio carrellato, sul pianale di un camion o sull'attacco a tre punti di un trattore agricolo.

Foto 2.61. Controventature di ancoraggio del ritto.

L'ipotesi più economica è il montaggio sull'attacco a tre punti del trattore o sul suo sollevatore idraulico (potenze richieste superiori ai 55 kW), ma può essere impiegata solo nel caso dei modelli più leggeri (Foto 2.62). Il montaggio sul pianale di un camion è una soluzione idonea per tutti i tipi di sistemi, anche per gli argani più pesanti, ma è caratterizzata da costi molto più ingenti. L'installazione su un telaio carrellato si distingue per una mobilità discreta e per costi relativamente contenuti (Spinelli, 2000). Vi sono infine stazioni motrici mobili dotate di motore indipendente.

In base al loro sistema di funzionamento si possono classificare in bifuni per gravità, a tre o a quattro funi (portante, traente, fune di richiamo e fune ausiliaria). Le gru a cavo con stazione motrice mobile sono impiegate prevalentemente per l'esbosco in salita, su distanze comprese tra 100-800 metri e per quantitativi minimi di biomassa pari almeno a 50-100 mc.

Nelle tabelle 2.18 e 2.19 si riportano i prezzi di alcuni diversi tipi di gru a cavo a stazione motrice mobile (bifune e tribune) attualmente in commercio.

Foto 2.62. Stazione motrice mobile su trattore.

Tabella 2.18. Prezzo di alcuni tipi di gru a cavo a stazione motrice mobile bifune.

Marca e modello	Caratteristiche	Prezzo (euro, IVA esclusa)
Greifenberg TG 350	Allestimento su rimorchio mono assale; azionamento mediante presa di potenza; potenza richiesta di 37 kW; altezza del ritto d'estremità di 7,5 metri	69.055
Greifenberg TG 1100/32	Allestimento su rimorchio a doppio assale; motore indipendente; potenza di 81 kW; altezza del ritto d'estremità di 13,5 metri	136.850
Koller K 501	Allestimento su rimorchio a doppio assale; motore indipendente; potenza di 98 kW; altezza del ritto d'estremità di 10 metri	119.000
Valentini V 400	Allestimento su attacco a 3 punti del trattore; azionamento mediante presa di potenza; potenza richiesta di 73 kW; altezza del ritto d'estremità di 10 metri	35.160
Valentini V1000	Allestimento su camion; azionamento tramite il motore del camion; altezza del ritto d'estremità di 17,8 metri	18.500

Fonte: BIDINI M. (2004 g). Rassegna del mese. Verricelli forestali, carrelli forestali, argani tradizionali a slitta, gru a cavo a stazione motrice mobile bifune e trifune. Tecniko & Pratiko. Supplemento del mensile Sherwood – Foreste ed Alberi Oggi, numero 7 / Dicembre 2004. Compagnia delle Foreste, Arezzo.

Tabella 2.19. Prezzo di alcuni tipi di gru a cavo a stazione motrice mobile trifune.

Marca e modello	Caratteristiche	Prezzo (euro, IVA esclusa)
Greifenberg T3 1100/32	Allestimento su rimorchio mono assale; motore indipendente; potenza richiesta di 149 kW; altezza del ritto d'estremità di 13,5 metri	181.535
Koller K 501/4	Allestimento su rimorchio a doppio assale; motore indipendente; potenza di 98 kW; altezza del ritto d'estremità di 10 metri	162.000
Valentini V600/M	Allestimento su rimorchio a doppio assale; motore indipendente; potenza di 116 kW; altezza del ritto d'estremità di 12 metri	131.000

Fonte: BIDINI M. (2004 g). Rassegna del mese. Verricelli forestali, carrelli forestali, argani tradizionali a slitta, gru a cavo a stazione motrice mobile bifune e trifune. Tecniko & Pratiko. Supplemento del mensile Sherwood – Foreste ed Alberi Oggi, numero 7 / Dicembre 2004. Compagnia delle Foreste, Arezzo.

2.3 FASE DI MOVIMENTAZIONE DELLA BIOMASSA LEGNOSA IN PIAZZALE: LE MACCHINE E LE ATTREZZATURE IMPIEGABILI

In questa categoria rientrano molteplici tipi di macchine, che possono essere utilizzate in diverse circostanze per la movimentazione, il carico e lo scarico della biomassa legnosa nelle varie fasi del processo produttivo che si svolgono nel piazzale di lavorazione e stoccaggio.
Un primo impiego può essere lo scarico della biomassa legnosa dai mezzi di trasporto che conferiscono nel piazzale il materiale dai siti in cui si sono allestiti i cantieri di raccolta: la biomassa può essere nella forma di polloni e fusti interi, tronchetti e tondelli già depezzati (Foto 2.63), rami e cimali, cippato fresco, cippato secco già stagionato in campo.

Foto 2.63. Scarico con una gru idraulica di fasci di tronchetti già depezzati.

Con le stesse macchine la biomassa nelle sue varie forme può essere spostata all'interno del piazzale in modo tale da creare cumuli e cataste ordinate in differenti settori della piattaforma produttiva, in attesa delle successive fasi di lavorazione. All'occorrenza poi il materiale legnoso viene movimentato per andare incontro ai diversi processi di prima trasformazione:

- tronchetti e tondelli alimentano le macchine combinate taglia-spacca o i centri di lavorazione per la produzione di pezzi di legna;
- polloni e fusti interi, rami e cimali alimentano le macchine cippatrici per la produzione di legno cippato (fresco o secco, a seconda del contenuto idrico della biomassa che viene sminuzzata).

Un'altra modalità d'uso può essere il carico di mezzi che trasportano la biomassa legnosa già lavorata e pronta per l'utilizzo ai siti di impiego finale: nelle varie situazioni si possono impiegare autocarri, autotreni, autoarticolati che possono essere riempiti di pezzi di legna o di cippato fresco o secco che viene così conferito al luogo di destinazione (Foto 2.64).

Foto 2.64. Carico di cippato su un autotreno con un trattore munito di pala.

All'interno di questo gruppo di mezzi si ritrovano anche macchine che vengono comunemente utilizzate nelle fasi di concentramento ed esbosco in campo: gru idrauliche (semoventi o montate su un mezzo di vario tipo) e sollevatori telescopici, muniti delle idonee attrezzature per movimentare adeguatamente la biomassa legnosa, sono diffusamente impiegati anche nei piazzali di lavorazione e stoccaggio.
Tra le varie macchine si possono ricordare:

- escavatori cingolati o gommati;
- pale cingolate o gommate, compatte o articolate (Foto 2.65);
- mini escavatori;
- mini pale caricatrici;
- caricatori gommati;
- macchinari vari usati comunemente per movimento terra (dozer, apripista);
- escavatori semoventi tipo ragno.

Foto 2.65. Pala gommata.

Si tratta di macchine utilizzate in modo comune e diffuse nel settore dell'edilizia, ma che possono trovare un efficace impiego anche nel processo produttivo del legno-energia, alla luce in particolare dell'elevata polivalenza che le caratterizza.
La taglia di questi mezzi può essere sia piccola sia medio-grande, a seconda delle funzioni a cui sono destinati e delle quantità di biomassa legnosa che nei vari casi devono movimentare.
Ad esempio un escavatore (sia di taglia medio-grande, sia un mini escavatore) può essere impiegato per creare, compattare e rivoltare cumuli di cippato in piazzale ma in alternativa con una rapida e agevole sostituzione lo si può utilizzare per l'abbattimento e l'esbosco montandovi una testata abbattitrice a cesoia o una pinza per tronchi (Foto 2.66). Allo stesso modo una pala gommata o un escavatore semovente tipo ragno possono essere usati per l'esbosco di piante intere (Spinelli, 2004 a), in terreni solidi e pianeggianti (taglio a raso nei pioppeti); a un minicaricatore tipo Bobcat può essere applicata una testata abbattitrice-affastellatrice a disco.

Foto 2.66. Miniescavatore munito di pinza per tronchi.

Gli accorgimenti per adattare le macchine edili a un utilizzo in campo forestale consistono in modifiche appropriate ma tutto sommato contenute; l'acquisto di mezzi usati da ditte edili può ridurre i costi di investimento e può rendere ancora più conveniente la loro dotazione da parte di una società che gestisce una filiera produttiva del legno-energia.
A seconda della natura e del tipo di biomassa legnosa che si intende manipolare (fusti interi, rami o cimali, tronchetti depezzati, cippato), questi mezzi possono essere dotati di vari tipi di attrezzature, che spaziano dalle pinze alle forche, dalle benne alle lame o alle pale con o senza griffe. All'occorrenza, a seconda della disponibilità dei mezzi presenti in piazzale, l'attrezzatura può essere montata anche sul sollevatore posteriore di un trattore.

2.4 FASE DI PRIMA TRASFORMAZIONE DELLA BIOMASSA LEGNOSA: LE MACCHINE E LE ATTREZZATURE IMPIEGABILI

In questa categoria viene riunita una gamma di macchine e attrezzature molto diverse. Una volta realizzate le operazioni dell'abbattimento, dell'allestimento, del concentramento e dell'esbosco, la biomassa legnosa può andare incontro infatti a una serie di svariati processi di prima trasformazione. Tale fase può essere realizzata sia in bosco, all'imposto, sia presso un apposito piazzale in cui si effettuano la lavorazione del legname e lo stoccaggio dei prodotti risultanti.
I mezzi impiegati nei processi di prima trasformazione sono caratterizzati da una complessità e da un livello tecnologico piuttosto differenti tra loro.
A seconda del tipo specifico di filiera in cui si opera e del tipo di prodotto finale che si intende ricavare, una piattaforma di produzione del legno-energia può essere dotata delle seguenti macchine:

- le appuntapali: filiera della produzione della paleria minuta;
- i processori o le teste *harvester*: filiere della produzione sia della legna in pezzi sia del cippato;
- gli sminuzzatori (le cippatrici e i trituratori): filiera della produzione del cippato e del compost (ambito estraneo alla filiera del legno-energia);
- le macchine combinate taglia-spacca legna: filiera della produzione della legna in pezzi.

2.4.1 Le appuntapali

La paleria minuta viene generalmente commercializzata con un'estremità appuntita per facilitarne l'infissione nel terreno. L'allestimento di questa punta può essere realizzato in due modi: per via manuale o con apposite macchine chiamate appuntapali.
Tali macchine offrono numerosi vantaggi rispetto alle tecniche manuali (il lavoro è più rapido e meno faticoso) e si dividono in due principali tipologie, in base alla loro struttura e al loro funzionamento (Cavalli, 2004; Spinelli, 2000):

- appuntapali a rotore conico (temperalapis);
- appuntapali a coltelli.

Le appuntapali a rotore conico o "a temperalapis" sono macchine costituite da un corpo conico ruotante con una o più lame, azionato da una trasmissione meccanica. A completare il mezzo vi sono un telaio di supporto e opportune protezioni. Producono una punta conica. Sono in grado di lavorare pali piccoli e di forma regolare (7-20 cm); possono andare incontro a possibili intasamenti.
Le appuntapali a coltelli sono caratterizzate da un doppio telaio convergente lungo cui scorrono due lame in acciaio speciale, mosse da uno o due pistoni idraulici azionati tramite

dispositivo automatico o per mezzo di un pedale. Producono punte a sezione quadrata o piramidale. I modelli a coltelli sono in genere più pesanti, più complessi e di conseguenza anche più costosi; permettono di lavorare pali aventi diametri più grossi, di forma anche irregolare e di legno duro. Vi è inoltre la possibilità di variare l'angolo di appuntatura in relazione alla forma del palo; l'evacuazione degli scarti è facile e non si verificano intasamenti (Spinelli, 2000).
In entrambi i casi esistono sia modelli applicabili alla presa di potenza o al sollevatore idraulico del trattore, sia modelli con motore autonomo (elettrico o a scoppio), sia modelli combinati (applicabili alla presa di potenza e dotati anche di motore elettrico). Vi sono in commercio anche macchine in grado di appuntire, scortecciare e smussare pali in una sola fase di lavoro: tra queste ad esempio va citato il modello Schal-Profi A-Z prodotto dalla ditta Posch.
La macchina ha bisogno di un solo operaio e la produttività media è pari a 160-200 pali/ora/operaio.
In tabella 2.20 si riportano i prezzi di alcuni modelli di appuntapali.

2.4.2 Il processore e le teste *harvester*

Il processore è una macchina operatrice costituita da una testa allestitrice, in grado di raccogliere le piante abbattute, sramarle e sezionarle in tronchetti di dimensioni più ridotte.
Come motrice si può utilizzare qualsiasi macchina capace di azionare una gru idraulica: generalmente la testa è montata sul braccio idraulico caricatore di un escavatore o di un trattore agricolo; per l'applicazione di un testa allestitrice si richiede una potenza di almeno 70 kW (Picchio, 2004). In alternativa si può ricorrere anche a motrici forestali dedicate, a ruote o cingolate, o il processore può essere applicato al sollevatore idraulico di un trattore (Foto 2.67).
Sul mercato sono molto diffuse anche le teste *harvester* (Foto 2.68), macchine combinate costituite da una testa abbattitrice (*feller*) abbinata a una testa allestitrice (processore), in grado di abbattere, sramare e sezionare le piante in assortimenti destinati al commercio (Bidini, 2004 a).

Foto 2.67. Processore applicato al sollevatore posteriore di un trattore.

N.B.
Per il funzionamento di un processore si può ricorrere all'impiego di diverse tipologie di motrici:
- il trattore agricolo: impiegabile per le versioni più semplici e leggere, è economico e può essere facilmente trasferito tra i diversi cantieri di raccolta;
- l'escavatore: con la rotazione continua a 360° ha una grande facilità di manovra e di impiego;
- la motrice forestale dedicata: a ruote o cingoli, permette una buona mobilità anche in presenza di pendenze più impegnative; tuttavia l'investimento economico per l'acquisto è molto più oneroso.

Tali macchine sono altamente specializzate e sofisticate: le operazioni sono sempre regolate da un *software* dedicato, gestito dall'operatore alla guida della macchina per mezzo del computer di bordo (Bidini, 2004 a; Bidini, 2006 g).
Esistono diversi modelli di processori e teste *harvester*, che si differenziano tra loro sulla base di diversi fattori e parametri (Bidini, 2004 a; Bidini, 2006 g):

Tabella 2.20. Costo di alcuni modelli di appuntapali.

Marca e modello	Allestimento e azionamento	Alimentazione	Diametro max del palo (cm)	Prezzo (euro, IVA esclusa)
Yanigav AP 200 Plus	Attacco a 3 punti e presa di potenza del trattore	Manuale	25	5.135
Rabaud Bifase 185/0	Attacco a 3 punti e presa di potenza del trattore, motore elettrico indipendente	Manuale	18,5	15.150
Posch Schal-Profi A-Z	Attacco a 3 punti e presa di potenza del trattore	Manuale	24	4.300

Fonte: BIDINI M. (2006 i). Rassegna del mese. Scortecciatrici, appuntapali e segherie portatili. Tecniko & Pratiko. Supplemento del mensile Sherwood – Foreste ed Alberi Oggi, numero 28 / Novembre 2006. Compagnia delle Foreste, Arezzo.

- peso e dimensioni: si valuta il diametro massimo di sramatura e abbattimento (30-40 cm e oltre); maggiore è il diametro impegnabile, maggiore è anche il peso dell'operatrice;
- organo di taglio (se si impiega una testa *harvester*): in genere è una sega idraulica a catena, con cui si realizzano i tagli sia di abbattimento sia di depezzatura e sezionatura;
- organi sramatori: sono coltelli che sostengono e sramano il tronco;
- sistema di alimentazione: può essere costituito da un sistema di rulli o di cingoli; il fusto o il pollone viene afferrato dall'operatrice, trascinato all'interno della struttura, spinto verso i coltelli e infine sramato e sezionato secondo la lunghezza programmata dall'operatore tramite il *software* di bordo.

Il processore può operare anche sul terreno del bosco ma più spesso è impiegato presso degli imposti o dei piazzali in cui vengono radunati gli alberi esboscati dalle zone circostanti (Foto 2.69).

Foto 2.68. Testa harvester.

Il prodotto risultante dal lavoro dei processori è costituito da tronchetti di lunghezza fissata arbitrariamente e omogenea (la sezionatura è regolata dal *software* per mezzo del computer di bordo), compresa generalmente tra 1-2 metri. I tronchetti vengono riuniti in cataste e poi vengono sottoposti a un'ulteriore trasformazione per dare pezzi di legna in seguito all'intervento di una macchina combinata taglia-spacca legna: tale operazione può avvenire direttamente in campo o anche in un secondo momento, nel piazzale di lavorazione della piattaforma produttiva.
Nella tabella 2.21 si riportano i prezzi sul mercato di alcuni modelli di teste *harvester* attualmente in commercio.

Foto 2.69. Processore su escavatore al lavoro in una piazzola in bosco.

N.B.
L'impiego di tali macchine è però limitato sia da fattori tecnici sia da fattori economici, tra i quali si ricordano un'adeguata percorribilità del soprassuolo, idonee dimensioni delle proprietà forestali e quantità di biomassa grandi a sufficienza per ammortizzare in maniera conveniente gli altissimi costi di investimento. Per tali motivi l'introduzione di queste macchine nelle locali piattaforme produttive della filiera del legno-energia è ancora fortemente limitata (Hippoliti e Piegai, 2000).

Tabella 2.21. Prezzi sul mercato di alcuni modelli di teste harvester.

Marca e modello	Tipo	Motrice	Diametro max di abbattimento e di sramatura (cm)	Prezzo (euro, IVA esclusa)
John Deere H762	A rulli	Escavatore, Terna gommata, Ragno, Unità semovente a ruote o a cingoli	72	83.895
Kone Ketonen Keto 150	A cingoli	Escavatore, Terna gommata, Ragno, Unità semovente a ruote o a cingoli	55 – 45	70.970
Komatsu Forest Valmet 360.2	A rulli	Escavatore, Unità semovente a ruote o a cingoli	65 – 65	75.800

Fonte: BIDINI M. (2006 h). Rassegna del mese. Teste harvester, motrici dedicate harvester, motoseghe professionali e semiprofessionali. Tecniko & Pratiko. Supplemento del mensile Sherwood – Foreste ed Alberi Oggi, numero 26 / Settembre 2006. Compagnia delle Foreste, Arezzo.

2.4.3 Gli sminuzzatori: le cippatrici e i trituratori

Il materiale legnoso ricavato dai cantieri di raccolta può essere ridotto in frammenti più o meno piccoli e regolari: questa operazione viene definita sminuzzatura (o cippatura) e viene effettuata con macchine che, a seconda del principio di funzionamento e delle caratteristiche del prodotto finale, sono dette cippatrici o trituratori.

Il materiale destinato alla sminuzzatura solitamente è legname di poco pregio, vale a dire rami, cimali, scarti di utilizzazione. Il materiale sminuzzato può andare incontro a diversi usi: produzione di pannelli truciolari, compost e cippato impiegabile a fine energetico (Foto 2.70).

Foto 2.70. Cumulo di cippato.

Questa pratica consente di ottenere una serie di vantaggi (Hippoliti e Piegai, 2000; Spinelli, 2000):

- risparmio di tempo rispetto all'allestimento convenzionale con motosega (sramatura e sezionatura dei fusti), dal momento che nella sminuzzatrice spesso si introducono piante intere, senza doverle sramare o sezionare: in tal modo si ottengono produttività orarie davvero elevate;
- risparmio anche nelle operazioni di carico, dal momento che tali macchine sono in grado di soffiare il prodotto finale direttamente nel mezzo di trasporto;
- migliore sfruttamento della biomassa ricavata dalle utilizzazioni: si utilizzano tutte le parti della pianta, anche quelle che altrimenti rimarrebbero in bosco o in campo come scarti di lavorazione, recuperando un 20-30%;
- diminuzione della suscettività agli incendi da parte del soprassuolo dove i residui sono assenti;
- riduzione del volume apparente di rami, cimali, scarti di utilizzazione, facilitandone il successivo trasporto ai siti di stoccaggio o impiego finale.

Tra gli svantaggi che caratterizzano la sminuzzatura invece vanno ricordati:

- la presenza di un mercato non ancora così espanso e trasparente per l'impiego del cippato a fini energetici;
- la notevole richiesta di potenza delle macchine sminuzzatrici, che si ripercuote nel bilancio finale dei costi e dei consumi del lavoro.

I frammenti ottenuti dall'operazione di cippatura sono detti *chips* (Foto 2.71): si tratta di piccoli pezzi di legno aventi la forma di un parallelepipedo, lunghi dagli 8 ai 60 mm (Spinelli, 2000). Le dimensioni delle scaglie sono modificabili regolando in modo opportuno gli organi di taglio delle macchine, ma devono essere il più possibile omogenee: ad esempio per un uso energetico il cippato deve essere composto da scaglie lunghe in media 20-25 mm.

Foto 2.71. Le scaglie di legno prodotte dalla sminuzzatura sono dette "chips".

La sminuzzatura può essere effettuata con due tipi diversi di mezzi, i trituratori e le cippatrici: la differenza tra le due macchine sta nel loro principio di funzionamento e nelle caratteristiche del prodotto finale ottenuto.

I trituratori e le cippatrici sono disponibili in versioni sia stazionarie sia mobili. Le cippatrici mobili permettono di effettuare la sminuzzatura direttamente in bosco o negli imposti e nei piazzali limitrofi. Esse sono montate su di un telaio e possono essere portate o trainate, a seconda delle loro dimensioni. I modelli portati sono azionati dalla presa di forza del trattore, mentre quelli trainati possono essere dotati di un motore autonomo. Si ricorre all'installazione di un motore autonomo qualora la potenza richiesta sia molto elevata, cosa che accade spesso nei trituratori.

I modelli più grandi e più pesanti possono essere montati sul pianale di un camion (Foto 2.72) e hanno motore autonomo, mentre il motore del camion è utilizzato per azionare la gru che alimenta la macchina.

L'alimentazione della cippatrice può essere effettuata attraverso una gru idraulica o manualmente: con l'ausilio di una gru idraulica (Foto 2.73) si ottiene un'elevata produttività e si

Foto 2.72. Cippatrice su camion.

DIFFERENZE TRA CIPPATRICI E TRITURATORI

Le cippatrici effettuano un'azione di taglio: tagliano il legno perpendicolarmente rispetto alla fibra attraverso dei coltelli, differenti nei vari tipi di cippatrici a seconda dei diversi principi di funzionamento. I trituratori invece non tagliano il legno ma soltanto lo frantumano attraverso azioni di schiacciamento, sfribratura o impatto violento, realizzate per mezzo di martelli, rotori o eliche.

A parità di quantità di legname trattato, le cippatrici richiedono meno potenza, sono più leggere, più veloci, e forniscono un materiale più omogeneo (Spinelli, 2003); esse però richiedono più manutenzione, soprattutto per quanto riguarda gli organi taglienti che sono sottoposti a usura, in particolare quando si impegna materiale sporco di terra o contenente sassi o metallo. I trituratori invece assorbono più potenza, sono più pesanti e più lenti e producono un materiale più grossolano, ma permettono di lavorare con materiali sporchi o addirittura misti a elementi metallici.

Le cippatrici sono caratterizzate da un flusso del lavoro lineare e veloce e da un'elevata produttività, ma possono andare incontro a intasamenti se la materia prima da sminuzzare è molto eterogenea. Nei trituratori invece il flusso è più lento, ma difficilmente si verificano interruzioni nel processo.

Le cippatrici richiedono un materiale abbastanza omogeneo, fornendo successivamente un prodotto regolare; i trituratori invece possono sminuzzare materiale anche molto eterogeneo, ma producono frammenti di dimensioni e qualità grossolane (Spinelli, 2000).

riducono i rischi di infortuni sul lavoro; l'alimentazione manuale (Foto 2.74) invece può essere molto pericolosa e faticosa per gli operatori, e caratterizza solo le macchine di piccola taglia (Spinelli, 2000).

Foto 2.73. Cippatrice alimentata mediante una gru idraulica.

Foto 2.74. Cippatrice alimentata manualmente.

N.B.

Le macchine sminuzzatrici sono potenzialmente piuttosto pericolose e devono essere dotate di una serie di dispositivi di sicurezza. Il pericolo maggiore è quello di essere trascinati dai rulli o dalle piante mentre queste vengono introdotte nella bocca di alimentazione e di essere tirati dentro la macchina. Pertanto devono essere presenti uno o più pulsanti di arresto rapido facilmente azionabili; inoltre deve essere in dotazione un'apposita barra che corre lungo gran parte della bocca di alimentazione e ha la funzione di bloccare i rulli in caso di rischio o di emergenza (Spinelli, 2003).

2.4.3.1 Le cippatrici

Le cippatrici sono macchine composte da una struttura portante trasportabile, che sostiene l'organo di taglio e di alimentazione. La potenza è trasmessa all'organo di taglio attraverso catene o cinghie, mosse a loro volta dall'unità motrice per mezzo di giunti cardanici, muniti di frizione per evitare i danni altrimenti provocati dalle eccessive sollecitazioni (Baldini e Spinelli, 1992). Sono inoltre presenti gli apparati di alimentazione e di espulsione.
Diverse sono le opzioni che le ditte produttrici offrono a riguardo del montaggio delle attrezzature sul telaio di supporto: ad esempio la bocca di alimentazione può essere montata in linea con l'asse longitudinale della macchina o perpendicolare ad esso. La scelta operata implica una specifica modalità di lavoro.
A seconda del tipo e delle caratteristiche dell'organo tagliente, le cippatrici si distinguono in tre tipologie (Spinelli, 2000; Bidini, 2005 a):

- cippatrici a disco (Foto 2.75);
- cippatrici a tamburo (Foto 2.76);
- cippatrici a vite senza fine (oppure dette a vitone o coclea).

Foto 2.75. Cippatrice a disco azionata da trattore.

Foto 2.76. Cippatrice a tamburo su camion.

a) Cippatrici a disco

Nelle cippatrici a disco l'organo tagliente è costituito da un pesante volano in acciaio su cui sono montati 2-4 coltelli in posizione radiale: vicino ai coltelli il disco presenta delle piccole fessure, attraverso cui passa il materiale tagliato. Le dimensioni delle scaglie possono essere variate regolando manualmente la sporgenza dei coltelli; il disco ha un diametro minimo di 80 centimetri e ruota attorno a un asse orizzontale o inclinato di 40-45°. La materia prima legnosa è introdotta manualmente, arriva ai coltelli in obliquo e viene tagliata a becco di flauto.

b) Cippatrici a tamburo

Nelle cippatrici a tamburo l'organo tagliente è costituito da un cilindro ruotante attorno al proprio asse longitudinale, che giace su un piano orizzontale. I coltelli sono montati sulla superficie esterna del cilindro e il loro numero varia da 1 a 4: variando la sporgenza dei coltelli si regola la dimensione dei *chips* prodotti. Il diametro minimo del tamburo è compreso tra circa 30 centimetri nelle cippatrici più piccole e circa 100-150 centimetri nei modelli più grandi. Il legno è generalmente inserito mediante una gru idraulica.

c) Cippatrici a vite senza fine

Nelle cippatrici a vite senza fine l'organo di taglio è costituito da una spirale tagliente che ruota attorno a un asse orizzontale. Tale apparato non è regolabile, per cui non si può variare la grandezza delle scaglie ricavabili, che in genere presentano una lunghezza di 50-80 mm.
Il legno è inserito manualmente e viene trascinato e lavorato da una coclea (Bidini, 2005 a).

Solitamente l'alimentazione della cippatrice avviene attraverso una bocca tronco-piramidale caratterizzata da una forte svasatura verso l'esterno, in modo tale da facilitare l'ingresso di piante complete di rami (Picchio, 2004); l'alimentazione può essere effettuata manualmente o per mezzo di una gru idraulica, la quale permette di innalzare la produttività e il livello di sicurezza.
Normalmente, per tutti i modelli a uso professionale o industriale, dalla bocca di alimentazione il materiale viene inviato all'organo di taglio per trascinamento tramite rulli dentati, il cui moto è ottenuto mediante motori idraulici. Nei modelli a vite senza fine non vi sono veri e propri organi di trascinamento, in quanto è lo stesso apparato tagliente che provvede anche al rifornimento. L'espulsione dei *chips* avviene grazie a una ventola posta dietro l'organo di taglio, che soffia il materiale attraverso un collo d'oca (Foto 2.77). Nei modelli a disco l'azione è svolta da una serie di alette poste radial-

mente al volano e tutt'uno con esso. La direzione e la gittata delle scaglie possono essere modificate in modo variabile.
In base alla loro potenza, si distinguono tre categorie di cippatrici:

- piccole (Foto 2.78);
- medie (Foto 2.79);
- grandi (Foto 2.80).

Foto 2.77. I "chips" vengono soffiati ed espulsi attraverso un collo d'oca.

Foto 2.78. Cippatrice di taglia piccola.

Foto 2.79. Cippatrice media.

Foto 2.80. Cippatrice grande.

Le cippatrici piccole possono essere applicate all'attacco a tre punti di un trattore o carrellate; possono essere mosse dalla presa di potenza o dotate di un motore elettrico autonomo (impiegano potenze sino a 50-75 kW); lavorano diametri sino a 25 cm, con produttività media di circa 1,5-1,8 tonnellate/ora.
I modelli medi possono essere allestiti anche su rimorchi monoasse o biasse; sono azionate da motori indipendenti o dalla presa di potenza di trattori (potenza generalmente compresa tra 120 e 170 kW); lavorano diametri sino a 40 cm, con una produttività oraria media che si attesta sulle 10-12 tonnellate.

Tabella 2.22. Caratteristiche e quotazioni di alcuni modelli di cippatrici a disco.

Marca e modello	Tipo e caratteristiche	Prezzo (euro, IVA esclusa)
Lindana TP 150	Azionamento tramite attacco a 3 punti e presa di potenza del trattore; potenza del trattore 19-22 kW; diametro massimo triturabile 15 cm	7.230
Gandini CH 05 TPS	Azionamento tramite attacco a 3 punti e presa di potenza del trattore; potenza del trattore 33-59 kW; diametro massimo triturabile 20 cm	9.770
Farmi Forest CH 260 HF-2EL	Azionamento tramite attacco a 3 punti e presa di potenza del trattore; potenza del trattore 50-80 kW; diametro massimo triturabile 26 cm	14.628
Pezzolato H 980/300	Azionamento tramite attacco a 3 punti e presa di potenza del trattore; potenza del trattore 70 kW; diametro massimo triturabile 30 cm	17.700

Fonte: BIDINI M. (2006 b). Rassegna del mese. Spaccalegna, segalegna, sega-spaccalegna, cippatrici. Tecniko & Pratiko. Supplemento del mensile Sherwood – Foreste ed Alberi Oggi, numero 19 / Gennaio 2006. Compagnia delle Foreste, Arezzo.

Tabella 2.23. Caratteristiche e quotazioni di alcuni modelli di cippatrici a tamburo.

Marca e modello	Tipo e caratteristiche	Prezzo (euro, IVA esclusa)
Heizomat HM 8	Allestimento su camion; azionamento tramite attacco a 3 punti e presa di potenza del trattore; potenza del trattore 58-95 kW; diametro massimo triturabile 40 cm	87.300
Mus Max Terminator 9	Allestimento su rimorchio biassiale; azionamento tramite presa di potenza del trattore; potenza del trattore 230-260 kW; diametro massimo triturabile 45 cm	98.000
Pezzolato S 15000	Allestimento su camion; motore indipendente da 320 kW; diametro massimo triturabile 40 cm	156.820
Jenz 561 HEM D	Allestimento su camion; motore autonomo da 360 kW; diametro massimo triturabile 65 cm	260.000

Fonte: BIDINI M. (2006 b). Rassegna del mese. Spaccalegna, segalegna, sega-spaccalegna, cippatrici. Tecniko & Pratiko. Supplemento del mensile Sherwood – Foreste ed Alberi Oggi, numero 19 / Gennaio 2006. Compagnia delle Foreste, Arezzo.

I modelli di cippatrici grandi sono caratterizzati da potenze superiori ai 200 kW (fino a oltre 700 kW): tali cippatrici lavorano diametri fino a 50-70 cm e possono produrre fino a 50 tonnellate/ora di *chips*. Vengono allestite quasi esclusivamente su rimorchi a due o più assali, su camion o su telai di *forwarder*.
Nella tabella 2.22 si riportano le quotazioni di vari modelli di cippatrici a disco attualmente in commercio; in tabella 2.23 invece si osservano i prezzi di alcuni modelli di cippatrici a tamburo.

Un'ultima particolare variante di macchina sminuzzatrice è costituita dalle cippatrici industriali mobili installabili su autocarri, rimorchi o *forwarder* (Foto 2.81).

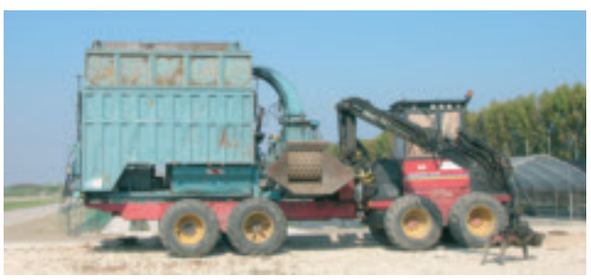

Foto 2.81. Cippatrice su forwarder (chipforwarder).

N.B.
Parametri da considerare al momento della valutazione del modello di cippatrice da acquistare (Bidini, 2005 a):
- dimensioni e qualità del prodotto finale che si intende ottenere;
- tipo di materia prima legnosa lavorata (fusti interi, cimali, ramaglia, fusti sramati);
- quantità lavorata annualmente;
- luogo in cui si effettua la cippatura (all'imposto, in pieno campo, in piazzale).

L'impiego di un mezzo dotato di un organo cippatore, di una gru idraulica e di un rimorchio o di un cassone per il contenimento della biomassa prodotta consente un'estrema semplificazione del cantiere di raccolta, evitando la fase di concentramento ed esbosco. La macchina in questione infatti è in grado di muoversi in pieno campo, impegnando direttamente sul letto di caduta i fusti e i polloni abbattuti, radunati in più cumuli o disposti in andana: le piante vengono prelevate dalla gru e inserite nella bocca della cippatrice, procedendo alla loro cippatura integrale (Foto 2.82).

Foto 2.82. Chipforwarder in azione.

Il cippato prodotto viene raccolto nel rimorchio o nel *container* di cui è dotato il mezzo impiegato: una volta riempito tale contenitore, la macchina si porta a bordo campo per scaricare la biomassa raccolta.
In un cantiere di raccolta allestito nell'autunno del 2006 dai tecnici del Centro Vivaistico e per le Attività Fuori Foresta di Veneto Agricoltura si è sperimentata una cippatrice installata su un *forwarder*, il *chipforwarder* Bruks 805 CT. La macchina è dotata di un motore di 330 kW di potenza e di una cippatrice avente un tamburo di 80 cm di diametro e in grado di cippare piante fino a 50 cm di diametro. Il cassone ha una

portata di 18 mc e può essere alzato e ribaltato lateralmente, permettendo lo scarico del cippato all'interno di un cassone scarrabile posizionato a terra (Foto 2.83).

Foto 2.83. Scarico del cippato in un cassone scarrabile a bordo campo.

Questo *chipforwarder* si contradddistingue per la grande velocità di lavoro e per un'elevata produttività (produzione fino a 25 tonnellate/ora di cippato). Tuttavia gli investimenti in termini di costi d'acquisto del mezzo sono piuttosto impegnativi: si richiedono 240.000-280.000 euro per l'acquisto solo della cippatrice e del cassone scarrabile, a cui va aggiunto l'esborso per il *forwarder*; per tale motivo la macchina in questione può essere impiegata solo da grandi aziende contoterziste o in presenza di piattaforme produttive in grado di lavorare annualmente ingenti quantità di biomassa legnosa.

2.4.3.2 I trituratori

Come le cippatrici, anche i trituratori sono costituiti da una struttura di supporto, da una trasmissione, da un organo sminuzzatore e dagli apparati di alimentazione della materia prima legnosa e di espulsione del prodotto. Rispetto alle cippatrici tali componenti nei trituratori sono più semplici e allo stesso tempo più robuste.

IL NOLEGGIO DELLE CIPPATRICI

Vale la pena di soffermarsi a valutare attentamente gli aspetti da considerare quando si deve ricorrere al noleggio delle cippatrici. Infatti a primo avviso non appare per niente evidente quali siano le scelte economicamente più vantaggiose.

È più conveniente servirsi di una cippatrice di piccole dimensioni, che presenta un costo orario molto ridotto, o è preferibile usare una cippatrice media, o addirittura di grandi dimensioni, i cui costi orari sono nettamente maggiori?

Infatti, a fronte di un costo orario minore, le cippatrici piccole hanno però una produttività estremamente ridotta e devono essere alimentate manualmente. Questo fa sì che in ultima analisi il costo per cippare una tonnellata di prodotto con queste macchine risulti nettamente superiore di quello che si avrebbe con macchine più grandi.

Per capire meglio questo concetto si riportano di seguito alcuni esempi.

Una cippatrice piccola, azionata con un trattore da 75 kW, in grado di cippare tronchi del diametro massimo di 25 cm e alimentata manualmente, arriva a costare attorno ai 50-60 euro/ora; la sua produttività in genere non supera le 1,5-1,8 tonnellate/ora. In pratica per cippare 20 tonnellate di legno occorrono 11,11 ore di lavoro e quindi una spesa di 555,50 euro.

Una cippatrice di medie dimensioni, con gru autonoma per alimentarsi, azionata con un trattore da 150 kW, in grado di cippare tronchi con diametro massimo di 40 cm, arriva a costare 130-150 euro/ora; la sua produttività è però di 10-12 tonnellate/ora. Per cippare 20 tonnellate di legno impiega 1,66 ore e quindi una spesa di 249 euro.

Una cippatrice di grandi dimensioni, naturalmente anch'essa con gru autonoma, azionata da un motore autonomo da 330 kW, in grado di cippare tronchi con diametro massimo di 56 cm, arriva a costare 180-200 euro/ora; la sua produttività è di 28-30 tonnellate/ora. Per cippare 20 tonnellate di legno impiega 0,66 ore e quindi una spesa di 132 euro.

Naturalmente occorre tener conto anche dei costi di trasferimento delle cippatrici e quindi della distanza che esse devono percorrere per arrivare sul luogo di cippatura. Tali costi possono aumentare con le dimensioni della macchina. Si devono fare inoltre delle valutazioni di convenienza in base alla quantità di biomassa che si deve cippare e al modo con cui essa è stata stoccata. Le cippatrici piccole sono agganciate all'attacco a tre punti del sollevatore dei trattori agricoli, per cui sono estremamente mobili e si possono spostare in campo anche lungo un'andana di piante abbattute, cippandole sul posto. Le cippatrici di medie dimensioni trainate da trattori possono anch'esse entrare in campo, ma sono molto più lente negli spostamenti e i tempi morti per tali movimenti fanno lievitare notevolmente il costo complessivo di cippatura. Le cippatrici grandi, quasi sempre autocarrate, non sono invece in grado di entrare in campo e sono assai scomode da spostare. Devono quindi disporre di biomassa concentrata in capezzagne a fondo stabile e riunita in un'unica grande catasta. In base a tutte queste considerazioni si può decidere il tipo di cippatrice più conveniente da prendere a noleggio.

A volte qualche operatore sarebbe tentato di acquistarsi una piccola cippatrice, che richiede un investimento di circa 15.000 euro; ma se le quantità da cippare sono ingenti, può essere conveniente semplicemente riunire tutta la biomassa in un'unica catasta e noleggiare una grossa cippatrice che in poco tempo svolge tutto il lavoro di cippatura richiesto. Il ricorso a ditte contoterziste si rivela decisamente più conveniente, con una spesa complessiva alla fine molto più ridotta.

Esistono diversi tipi di organi sminuzzatori, aventi diverse caratteristiche, vantaggi e limitazioni. Sulla base di questo aspetto i trituratori si suddividono in due grandi categorie (Spinelli, 2000):

- trituratori che impiegano organi rotanti ad alta velocità e sminuzzano il legno con un'azione di martellamento: in questo ambito rientrano i trituratori a martelli mobili, a dischi eccentrici e a coltelli orizzontali;
- trituratori che impiegano organi rotanti a bassa velocità e sminuzzano il legno strappandolo o schiacciandolo: in questo ambito rientrano i trituratori a tamburi orizzontali contro-rotanti e a forbice.

L'invio del materiale destinato alla sminuzzatura avviene per caduta o per mezzo di un nastro trasportatore; in genere la biomassa da triturare è caricata per mezzo di una gru a braccio idraulico. L'espulsione della biomassa triturata avviene per caduta attraverso un vaglio, sotto al quale è situato un nastro trasportatore che fa avanzare il prodotto fino al deposito o ai mezzi destinati al trasporto, in genere autocarri.
I trituratori producono materiale sfibrato e irregolare per dimensioni e qualità: in genere il prodotto ottenibile è utilizzabile non per la produzione di energia ma per il compostaggio, per cui i trituratori solitamente non rientrano nelle dotazioni di mezzi di cui dispongono le piattaforme di produzione del legno-energia (Spinelli, 2000).

2.4.4 Le macchine combinate taglia-spacca legna

Dopo la fase di prima lavorazione in bosco i tronchetti, lunghi circa 1 metro (Foto 2.84), vengono trasportati all'imposto o molto più spesso al piazzale di lavorazione: qui sono scaricati in apposite zone di deposito in attesa del loro successivo ridimensionamento, definito "riduzione a misura di impiego combustibile" (Casini, 1999).

Foto 2.84. Fasci di tronchetti di carpino bianco.

Tale operazione viene realizzata per mezzo di apposite macchine che hanno la funzione di preparare i tradizionali assortimenti a uso energetico, vale a dire i pezzi di legna impiegabili per la caldaia, la stufa o il caminetto (Foto 2.85).

Foto 2.85. Cumulo di pezzi di legna pronti per l'uso.

La lavorazione della legna consiste nel taglio (riduzione della lunghezza) e se necessario anche nello spacco (riduzione della larghezza) dei tronchetti, eseguiti in successione diversa a seconda delle tipologie dei cantieri e dell'organizzazione del lavoro; prevalentemente comunque lo spacco è successivo al taglio.
Il taglio trasversale consente la separazione del tronchetto in due o più parti, secondo un piano trasversale, perpendicolare alla fibratura, tramite la penetrazione di una sega. Lo spacco longitudinale (detto anche spaccatura o fenditura) consente invece la separazione del tronchetto secondo un piano longitudinale, radiale o tangenziale, e comporta un ridimensionamento in larghezza, tramite la penetrazione di un cuneo parallelamente alla fibratura che ne determina lo scollamento.
La resistenza opposta dal legno al taglio e allo spacco dipende da molteplici fattori, tra i quali si annoverano la specie legnosa, la fibratura, l'umidità, la dimensione, la nodosità e la temperatura (Spinelli, 2000; Casini, 1999). La scelta accurata di una macchina taglia e/o spacca-legna deve essere quindi commisurata alle condizioni di lavoro prevalenti (Spinelli, 2000). Si deve tenere conto che specie a legno duro (ad esempio le più importanti specie di latifoglie impiegate per uso energetico) richiedono una potenza maggiore rispetto a specie a legno tenero (conifere e betulla); inoltre tutti i legni sono meno resistenti alla spaccatura quando sono freschi rispetto a quando sono stagionati.
La scelta della macchina da impiegare è strettamente legata anche al luogo in cui si effettua il lavoro di riduzione a misura

di impiego combustibile, vale a dire l'imposto o il piazzale di lavorazione e stoccaggio:

- se si intende tagliare e spaccare la legna già all'imposto, in genere conviene optare per una macchina da applicare al trattore o dotata di un motore a scoppio autonomo;
- se si intende effettuare il lavoro in un piazzale di deposito e concentramento, l'opzione più opportuna è la scelta di una macchina dotata di motore elettrico, realizzando una linea completa di lavorazione con sezionatura, spaccatura, movimentazione e imballaggio (Spinelli, 2000).

Le macchine per la lavorazione finale della legna da ardere in pezzi si suddividono sostanzialmente in tre gruppi (Casini, 1999):

- macchine taglia-legna (dette anche depezzatrici o sezionatrici);
- macchine spacca-legna (o spaccatrici);
- macchine taglia-spacca legna o combinate.

Sostanzialmente solo il terzo gruppo interessa le aziende che vogliano produrre elevate quantità di legna da ardere (Foto 2.86): le macchine combinate taglia-spacca legna offrono una produttività elevata e combinano le due operazioni finali per ottenere i pezzi di legna. Inoltre sono spesso completamente automatiche.

LE MACCHINE SPACCA-LEGNA

Gli spacca-legna si dividono in due gruppi in base al loro sistema di funzionamento: possono essere a cuneo o a vite (Spinelli, 2000).

Essi possono essere dotati di motore autonomo, a scoppio oppure elettrico. I motori elettrici caratterizzano macchine impiegate in piazzali centralizzati; in bosco, all'imposto, si utilizzano invece macchine applicate al sollevatore di un trattore agricolo e azionate dalla presa di potenza o dal circuito idraulico del trattore stesso.

Gli spacca-legna a vite si compongono di un cono filettato che si avvita nel legno fino a spaccarlo. Tale tipo di macchina è caratterizzato da grande semplicità strutturale, facilità nella manutenzione e buona velocità del lavoro. Gli svantaggi invece consistono nella minor precisione nella spaccatura e nella relativa pericolosità di una gran parte dei modelli disponibili sul mercato (Spinelli, 2000).

Negli spacca-legna a cuneo la fenditura è ottenuta spingendo un cuneo contro il pezzo di legno che viene appoggiato su un piano di battuta, ma in alcuni modelli si riscontra un cuneo fisso e un piano di battuta mobile; l'organo mobile è azionato tramite un martinetto idraulico. Gli spacca-legna a cuneo possono essere orizzontali o verticali, a seconda del piano di scorrimento del pistone. Essi in genere sono più ingombranti, più pesanti e più costosi degli spacca-legna a vite (Spinelli, 2000).

Foto 2.86. Macchina taglia-spacca legna in azione ai bordi di un arboreto da biomassa.

Quattro fasi permettono di ottenere i pezzi di legna a partire dall'impiego di macchine combinate per la segagione e la successiva spaccatura di fusti interi o tronchetti (Casini, 1999):

- alimentazione: avvicinamento del tronco a un apposito alloggio per il taglio;
- taglio: posizionamento sull'alloggio, bloccaggio, taglio vero e proprio del pezzo di legno;
- spacco (effettuato a valle del taglio, solo raramente eseguito a monte del taglio): interessa i tronchetti già tagliati in pezzi corti;
- evacuazione dei pezzi tagliati.

Ad ognuna delle fasi di lavoro corrispondono parti e strutture specifiche delle macchine impiegate.

Ad esempio l'alimentazione, manuale (Foto 2.87) o meccanizzata (mediante un processore o il braccio idraulico di un escavatore), è resa agevole da piani di appoggio e scivoli di introduzione, oppure è eseguita da nastri trasportatori (Foto 2.88). Nei modelli più articolati è presente, a monte dell'alimentatore, un caricatore a catene (sul quale vengono accumulati i tronchetti) che rifornisce l'alimentatore stesso.

Foto 2.87. Alimentazione manuale di una taglia-spacca legna.

Foto 2.88. Particolare della centralina di comando e del nastro trasportatore che alimenta la macchina.

Foto 2.89. Griglia spacca-legna regolabile per lo spacco dei tronchetti.

Nell'operazione di taglio meccanizzato il posizionamento può prevedere culle sagomate, che possono essere fisse o mobili, e sistemi di bloccaggio. In genere è il tronchetto che viene portato contro l'organo di taglio e non viceversa.

Lo spacco, solitamente realizzato a valle del taglio su tronchetti di dimensioni ridotte, viene attuato o attraverso un avanzamento relativo nel legno di un apposito dispositivo (un pistone che, mosso da un dispositivo idraulico, termina con una piastra che spinge il tronchetto contro un cuneo fisso) oppure tramite un cuneo posto all'estremità che viene spinto dentro il tronchetto fermo a ridosso di un piano. Il posizionamento del tronchetto per lo spacco può avvenire automaticamente dopo il taglio oppure può richiedere l'intervento di un operatore (Casini, 1999).

Le macchine sono generalmente dotate di una griglia spacca-legna (Foto 2.89), di solito a sviluppo orizzontale e regolabile per via idraulica, a più finestre (ad esempio a 2/4/6/8/10/12 vie): questa griglia di spacco può essere continuamente variata e adattata a seconda delle dimensioni dei tronchetti e del numero di pezzi di legna che si intende di volta in volta ottenere.

Una volta spaccato, il tronchetto solitamente viene evacuato su appositi scivoli, sfruttando la gravità. In uscita i pezzi di legna risultanti possono accumularsi, oppure essere scaricati da un apposito nastro elevatore direttamente su un rimorchio o su un autocarro (Foto 2.90). Nei modelli più semplici ed economici l'alimentazione e l'evacuazione sono eseguite manualmente dall'operatore.

Foto 2.90. I pezzi di legna prodotti sono evacuati e raccolti in un rimorchio.

Tra i vari elementi che caratterizzano le macchine combinate taglia-spacca legna si annoverano (Bidini, 2006 a):

- le modalità di azionamento: vi sono macchine azionate dalla presa di potenza del trattore e macchine indipendenti, azionate tramite motori elettrici o a scoppio;
- la trasportabilità: vi sono modelli portati, applicabili al sollevatore idraulico di un trattore (Foto 2.91), carrellati o fissi (Foto 2.92);
- una serie di accessori disparati tra cui si menzionano il deposito di carico, il sollevatore idraulico, il piano di raccolta, il nastro trasportatore allungabile e ripiegabile, i sistemi di sicurezza supplementari.

Le macchine taglia-spacca legna possono essere suddivise in:

- modelli portati, azionati dalla presa di potenza di un trattore: possono essere applicati a un comune trattore agricolo (di potenza pari mediamente almeno a 50-60 kW) e vengono impiegati nella fase di campo, all'imposto o ai bordi dell'impianto legnoso oggetto del cantiere di raccolta; operano direttamente sul sito di abbattimento e allestimento;

- modelli fissi, dotati di motori indipendenti: si tratta dei centri di lavorazione a elevata capacità produttiva, operanti nei piazzali di lavorazione che caratterizzano le piattaforme produttive del legno-energia.

Foto 2.91. Macchina taglia-spacca portata Japa 2000.

Foto 2.92. Centro di lavorazione della legna da ardere.

I CENTRI DI LAVORAZIONE DELLA LEGNA DA ARDERE

Sono sistemi caratterizzati da un'alta evoluzione meccanica ed elettronica e da una serie di requisiti e di dispositivi che consentono di svolgere il lavoro in automatico e nel rispetto delle norme in materia di sicurezza. Tra i vari accessori che caratterizzano i centri di lavorazione della legna da ardere si ricordano:

- il ciclo di funzionamento semi-automatico o automatico, compatto, gestito da 1-2 operatori, con programmazione e regolazione automatica dell'avanzamento del materiale da lavorare e del centraggio della griglia multipla di spaccatura;
- il *software* computerizzato che controlla l'intero ciclo di funzionamento; vi è anche la possibilità di eseguire tutte le manovre tramite dei comandi elettrici posti sulla consolle di comando;
- l'ottima dotazione di dispositivi di sicurezza: protezioni in grigliato metallico; pulsante di arresto di emergenza che ne blocca istantaneamente il funzionamento.

Di recente sono state create anche versioni mobili o stradali dei centri di lavorazione, studiate appositamente per lavorare direttamente nel bosco oppure nei piazzali e in tutte le situazioni in cui si rendono necessari frequenti spostamenti.

In tabella 2.24 si riportano alcune caratteristiche e le quotazioni di alcuni modelli di macchine combinate attualmente diffuse per la lavorazione della legna in pezzi.

Tabella 2.24. Caratteristiche e prezzi di alcuni modelli di macchine combinate taglia-spacca legna.

Marca e modello	Organo di taglio e diametro max di taglio (cm)	Azionamento e trasportabilità	Movimentazione legna	Prezzo (euro, IVA esclusa)
Gandini – Forest Cut 48	Sega a disco e cuneo, 70 cm	Presa di potenza del trattore Motore indipendente	Manuale	13.800
Posch Spaltfix 3100	Sega a disco, 32 cm	Presa di potenza del trattore Motore indipendente	Nastro trasportatore	20.850 – 21.900
Officina Tollot S400	Sega a disco e griglia, 40 cm	Motore indipendente	Manuale Semiautomatica Automatica	90.000
Pezzolato TLC 1200	Sega a disco e griglia, 46 cm	Presa di potenza del trattore Motore indipendente	Gru idraulica	50.700
Pezzolato TLA 12	Sega a disco e griglia, 46 cm	Presa di potenza del trattore Motore indipendente	Gru idraulica	73.720
Pinosa EPC 3300	Sega a disco e griglia, 42 cm	Motore indipendente	Automatica	73.000
Pinosa EPC 6500	Sega a disco e griglia, 60 cm	Motore indipendente	Semiautomatica Automatica	80.000 – 105.000

Fonte: BIDINI M. (2006 b). Rassegna del mese. Spaccalegna, segalegna, sega-spaccalegna, cippatrici. Tecniko & Pratiko. Supplemento del mensile Sherwood – Foreste ed Alberi Oggi, numero 19 / Gennaio 2006. Compagnia delle Foreste, Arezzo.

2.5 I CANTIERI DI RACCOLTA E DI PRIMA TRASFORMAZIONE DELLA BIOMASSA LEGNOSA

In questo paragrafo si delineano le diverse tipologie di cantieri di raccolta e prima trasformazione della biomassa legnosa realizzabili nell'ambito della filiera legno-energia.
La descrizione dei vari sistemi di lavoro viene suddivisa sulla base di alcuni fattori quali:

- il tipo di impianto legnoso interessato dal cantiere: impianti produttivi di pianura, lineari o a pieno campo, boschi cedui collinari, pedemontani o montani;
- il livello di tecnologia impiegato: si distinguono sistemi di lavoro ad alta e a bassa meccanizzazione;
- il tipo di prodotto finale: produzione di sola legna in pezzi, o di solo legno cippato, o produzione combinata e integrata di entrambi i prodotti finali.

Per ogni singolo cantiere analizzato si evidenziano l'organizzazione del processo produttivo, i punti di forza e le criticità, le specificità e gli eventuali accorgimenti da tenere in considerazione, la produttività delle varie operazioni.
Nella tabella 2.25 si riporta l'elenco dei vari tipi di cantieri di raccolta descritti in questo capitolo.

2.5.1 Cantieri di raccolta e prima trasformazione su siepi campestri

Le modalità di cantieri allestibili per la raccolta di biomassa legnosa dalle siepi campestri sono molteplici: si possono distinguere più sistemi di lavoro, a seconda del tipo di meccanizzazione a cui si ricorre e del tipo di prodotto finale che si intende ottenere. Queste opzioni sono strettamente legate alla destinazione finale della produzione ricavabile:

- mero auto-consumo aziendale;
- totale o parziale inserimento sul mercato, con un certo margine di guadagno dal punto di vista commerciale.

Di seguito si analizzano i diversi sistemi di raccolta ad alto e a basso livello di meccanizzazione, evidenziando le profonde differenze riscontrabili dal punto di vista dell'organizzazione e della complessità del cantiere e del parco macchine a cui si ricorre nelle varie fasi del lavoro.

2.5.1.1 Cantieri a basso grado di meccanizzazione

Normalmente le aziende agricole delle aree rurali gestiscono gli impianti campestri di loro proprietà principalmente secondo un'ottica di auto-consumo: il prodotto legnoso estratto, normalmente nella forma di legna in pezzi, viene totalmente o quasi utilizzato all'interno dell'azienda stessa, per alimentarne gli impianti termici (Spinelli *et al.*, 2003 a).

N.B.
Un recente studio promosso dalla Camera di Commercio, Industria, Artigianato e Agricoltura di Padova (triennio 2003-2005) su un campione di 30 aziende agricole dell'area provinciale ha fornito alcuni dati oggettivi piuttosto indicativi (AA.VV., 2006 b):

- nella maggior parte dei casi analizzati (il 67%) la legna delle siepi aziendali è destinata esclusivamente all'auto-consumo e solo nel 7% dei casi si osserva una forma di vendita a terzi;
- nel 70% dei casi la legna impiegata negli apparecchi termici aziendali proviene esclusivamente dai sistemi arborei interni, mentre solo nel 26% dei casi la legna auto-prodotta è integrata con un quantitativo acquistato sul mercato;
- nella grande maggioranza dei casi i sistemi di riscaldamento aziendali sono alimentati a pezzi di legna; sono molto rari ancora infatti i casi in cui la biomassa impiegata per il funzionamento degli impianti termici nelle aziende agricole delle aree rurali è il legno cippato.

Le utilizzazioni vengono effettuate con un sistema di lavoro basato generalmente su risorse marginali interne, sfruttando i periodi in cui le principali attività aziendali richiedono meno manodopera. Ciò comporta un abbattimento dei costi rilevante, e l'utilizzo interno del prodotto ottenuto permette di mantenere in azienda tutto il valore aggiunto. Queste condizioni estremamente vantaggiose impediscono la possibilità di deviare la biomassa legnosa ricavata verso il mercato esterno del cippato, che attualmente non offre opportunità ugualmente rilevanti (Spinelli *et al.*, 2003 a).
Questo sistema di lavoro presenta un *surplus* di produzione che non viene utilizzato e che rappresenta spesso un problema per lo smaltimento: si tratta dei rami e dei cimali delle piante abbattute, dai quali non è possibile estrarre pezzi di legna. Ramaglie e cimali possono costituire fino al 30% della massa totale asportata (Spinelli *et al.*, 2003 a; Spinelli *et al.*, 2003 b); tuttavia i quantitativi annui prodotti in media dalle locali aziende sono in genere piuttosto ridotti, e sono stimati pari a valori non superiori alle 5 tonnellate. Per tale motivo i rami e i cimali di scarto nella maggior parte dei casi vengono bruciati, oppure triturati e poi interrati direttamente in campo.
Anche considerando la produzione aggregata di più aziende, questi quantitativi rimangono in genere piuttosto modesti, e, alla luce della loro locazione estremamente frammentata, non riescono a giustificare in termini di convenienza economica l'allestimento di cantieri dotati di tecnologie e attrezzature di livello industriale: il costo del solo spostamento rischierebbe

Tabella 2.25. Varie modalità di cantieri di raccolta del legno-energia.

	Tipo di impianto legnoso	Grado di meccanizzazione		Tipo di prodotto finale
1	Siepi campestri	Basso grado di meccanizzazione		Produzione di legna in pezzi
				Produzione di cippato
				Produzione integrata legna in pezzi/cippato
		Alto grado di meccanizzazione		Produzione di legna in pezzi
				Produzione di cippato
				Produzione integrata legna in pezzi/cippato
2	Bande boscate polivalenti	Basso grado di meccanizzazione		Produzione di legna in pezzi
				Produzione di cippato
				Produzione integrata legna in pezzi/cippato
		Alto grado di meccanizzazione		Produzione di legna in pezzi
				Produzione di cippato
				Produzione integrata legna in pezzi/cippato
3	Arboreti specializzati per la produzione di biomassa a turno medio	Basso grado di meccanizzazione		Produzione di legna in pezzi
				Produzione di cippato
				Produzione integrata legna in pezzi/cippato
		Alto grado di meccanizzazione		Produzione di legna in pezzi
				Produzione di cippato
				Produzione integrata legna in pezzi/cippato
4	Arboreti specializzati per la produzione di biomassa a turno breve	Alto grado di meccanizzazione	Turno annuale	Produzione di cippato
			Turno biennale	
			Turno poliennale	
5	Boschetti interpoderali campestri	Basso grado di meccanizzazione		Produzione di legna in pezzi
6	Boschi planiziali naturaliformi	Basso grado di meccanizzazione		Produzione di legna in pezzi
				Produzione di cippato
				Produzione integrata legna in pezzi/cippato
		Alto grado di meccanizzazione		Produzione di legna in pezzi
				Produzione di cippato
				Produzione integrata legna in pezzi/cippato
7	Arboreti specializzati per la produzione di legname da opera	Basso grado di meccanizzazione		Produzione di legna in pezzi
				Produzione di cippato
				Produzione integrata legna in pezzi/cippato
		Alto grado di meccanizzazione		Produzione di legna in pezzi
				Produzione di cippato
				Produzione integrata legna in pezzi/cippato
8	Boschi cedui collinari, pedemontani o montani	Basso grado di meccanizzazione		Produzione di legna in pezzi
				Produzione di cippato
				Produzione integrata legna in pezzi/cippato
		Alto grado di meccanizzazione		Produzione di legna in pezzi
				Produzione di cippato
				Produzione integrata legna in pezzi/cippato

di superare il valore effettivo del materiale raccoglibile (Spinelli *et al.*, 2003 a). Per tale motivo un'opzione sicuramente più praticabile potrebbe essere il ricorso a macchine leggere e in grado di effettuare spostamenti rapidi e frequenti.
Un esempio può essere dato dalle piccole imballatrici già utilizzate per i sarmenti di vite e le potature dei frutteti: tali macchine sono piuttosto economiche e anche facili da trasportare, dal momento che possono viaggiare direttamente attaccate al trattore che le aziona. Di conseguenza si potrebbe ipotizzare di imballare le ramaglie rilasciate dopo l'utilizzazione delle siepi (Foto 2.93): le balle di rami e cimali possono essere impiegate dall'agricoltore in azienda agricola, oppure essere vendute sul mercato per alimentare forni di panifici, ristoranti, pizzerie.

Foto 2.93. Imballatrice al lavoro in un cantiere su siepe campestre.

Con questa pratica non si altera il tradizionale sistema di lavoro (rivolto principalmente a far ricavare legna in pezzi per l'auto-consumo aziendale), non si creano sottrazioni di prodotto per l'auto-approvvigionamento e infine si permette di evitare l'eliminazione delle ramaglie, operazione che comporta solo svantaggi in termini di tempi e costi (Spinelli *et al.*, 2003 a).
Una situazione migliore ma meno frequente è invece quella delle aziende dotate di un complesso di siepi alberate la cui produzione annua di legna da ardere supera il fabbisogno interno. Per queste aziende si può pensare alla cippatura delle piante intere in *surplus*, creando una filiera di raccolta-vendita che si dimostri remunerativa al punto da stimolare gli agricoltori a migliorare la funzionalità delle siepi esistenti e a piantarne di nuove. Ipotizzando che nel breve periodo il prodotto risultante non sia sufficiente a giustificare l'acquisto di attrezzature industriali, l'ipotetico cantiere proposto dovrebbe essere il più possibile semplice, economico, caratterizzato da una meccanizzazione minima e alla portata della singola azienda. In alternativa questo investimento potrebbe essere intrapreso da un piccolo contoterzista, che si specializzi a svolgere questo lavoro restando comunque legato a una realtà locale, circoscritta.

LA SPOLLONATURA

Allo scopo di rendere sostenibili tutti gli interventi che caratterizzano le varie fasi della raccolta, nelle operazioni di cura colturale delle siepi campestri è necessario procedere alla pratica della spollonatura delle ceppaie, che va eseguita al termine del primo anno di ricrescita successivo al taglio di fine turno. Tale operazione ha un suo costo ma permette di concentrare tutto l'accrescimento nei pochi polloni rilasciati per ceppaia (3-4 al massimo). In questo modo si ottengono pochi polloni più grossi e meno polloni sottomisura, aumentando la produzione di biomassa del filare e allo stesso tempo la produttività dell'intero cantiere. In questo modo infatti si contribuisce a diminuire fortemente i tempi di lavoro per singola ceppaia e si facilita anche l'eventuale abbattimento per mezzo di macchine ad alta meccanizzazione.

Le tipologie di cantieri dotati di una bassa meccanizzazione impiegabili in questo contesto sono molteplici, a seconda del prodotto legnoso che si intende ottenere e della sua destinazione finale. In ogni caso questi sistemi di lavoro si prefiggono di rispettare i due principali limiti che affliggono il piccolo contoterzista o la piccola azienda agricola:
- la cronica scarsità di manodopera che caratterizza il settore agricolo;
- il limitato investimento che il piccolo imprenditore può permettersi.

Per tale motivo tutte le attrezzature previste in questo contesto o gran parte di esse sono solitamente già presenti in azienda, o possono essere reperite con uno sforzo economico non rilevante. Inoltre la squadra di operatori coinvolta nei cantieri di raccolta deve basarsi su un numero di persone il più limitato possibile.

a) Produzione di legna in pezzi e altri prodotti secondari

Un primo cantiere può prevedere l'ottenimento di legna in pezzi destinata all'auto-consumo aziendale, ipotizzando anche di procedere al recupero finale dei rami e dei cimali derivanti dal cantiere di raccolta.
Il taglio delle piante è di tipo manuale e frequentemente viene realizzato da due unità lavorative mediante l'uso della motosega. Un operatore abbatte le piante, mentre l'altro agevola la caduta delle piante tagliate (Foto 2.94).

Foto 2.94. Due operatori procedono all'abbattimento manuale mediante motosega.

L'abbattimento è direzionato: le piante sono tutte abbattute verso il campo. I due operatori effettuano poi l'allestimento, sramando le piante e sezionandole in pezzi di lunghezza variabile, ma tale da non renderne difficile lo spostamento. Si ottengono stanghe lunghe circa 2-3 metri, che successivamente vengono accatastate manualmente in piccoli mucchi a lato della capezzagna. Rami e cimali invece vengono disposti formando un'andana continua parallela al filare lungo la capezzagna (Foto 2.95), tra il filare e il campo adiacente (Spinelli *et al.*, 2003 a).

Foto 2.95. Cumuli di stanghe e andana continua di rami e cimali derivanti dall'allestimento.

L'operazione di ottenimento dei pezzi di legna può essere realizzata direttamente in campo: la sezionatura, lo spacco e il carico dei tondelli vengono effettuati mediante una macchina taglia-spacca legna applicata all'attacco a tre punti di un trattore agricolo. Per il funzionamento di una normale taglia-spacca legna è sufficiente un trattore di dotazione aziendale della potenza di 60 kW. La macchina avanza ai bordi della capezzagna e si ferma nei pressi delle cataste di stanghe e tronchi. In questa fase lavorano due operatori (nella gran parte dei casi vi si dedicano le due stesse unità lavorative coinvolte nel taglio e nell'allestimento): uno aziona la macchina, mentre l'altro carica i tronchi sul piano di lavoro. Il materiale è sezionato e spaccato in pezzi di lunghezza regolabile e variabile, a seconda del tipo di impianto termico presente in azienda: stufa, termo-cucina, camino o caldaia a pezzi di legna. Tutto il materiale viene inviato nel convogliatore a nastro di cui è dotata la macchina taglia-spacca legna e successivamente è riversato dentro il rimorchio di un secondo trattore agricolo, che procede affiancato all'operatrice.

In alternativa tutte le stanghe ottenute dall'abbattimento della siepe possono essere concentrate in un unico punto (ad esempio una piazzola di una certa ampiezza ai bordi del campo) dove si posizionano la taglia-spacca e il trattore con rimorchio adiacente. In tal caso il concentramento può essere realizzato mediante un caricatore forestale su pala gommata.

Qualora non si intenda effettuare la fase di prima lavorazione direttamente in campo, le stanghe vengono caricate sul rimorchio di un trattore agricolo (manualmente oppure con l'ausilio di una gru idraulica) e poi portate in azienda, dove vengono stoccate in un sito appositamente dedicato. In un momento successivo, al termine del processo di stagionatura, si procederà alla loro riduzione in pezzi di legna.

N.B.
Si ipotizza che l'acquisto di una macchina taglia-spacca legna sia un investimento realizzabile da un'azienda agricola dotata di un complesso di impianti legnosi tali da produrre non solo i pezzi di legna impiegati per l'auto-consumo, ma anche in grado di destinare sul mercato una certa quota della biomassa risultante. In alternativa la macchina può essere noleggiata da un'azienda che, operando su scala locale, svolga tale lavoro per conto terzi.

I rami e i cimali disposti anch'essi in andana lungo la capezzagna possono essere imballati con una macchina appositamente prodotta per essere impiegata su sarmenti di vite o residui di potatura di oliveti e frutteti. Per l'azionamento di una piccola imballatrice è sufficiente un trattore di 40 kW di potenza. La macchina è servita da due operatori: uno conduce il trattore e l'altro agevola la raccolta delle ramaglie con un forcone e le convoglia verso la bocca del mezzo. Le balle di rami e cimali prodotte sono di forma parallelepipeda e pesano 25-30 kg circa ciascuna; esse possono essere portate in azienda caricandole su un rimorchio portato da un trattore.

Qualora la ramaglia non voglia essere raccolta e valorizzata, si può procedere a una sua sminuzzatura direttamente in campo. Tale operazione è condotta da un solo operaio, con un trinciastocchi o un trinciasarmenti applicato a un trattore agricolo di potenza attorno ai 70 kW: anche questo mezzo è solitamente di dotazione aziendale.

b) Produzione di legno cippato

Un secondo cantiere invece può prevedere la cippatura delle piante intere: questa opzione è praticabile nei casi in cui, come si è descritto in precedenza, la dotazione di filari aziendali superi il fabbisogno interno di legna da ardere, per cui l'abbattimento di alcune siepi può essere destinato all'ottenimento di solo legno cippato. Inoltre tale cantiere può essere allestito qualora la sola tipologia di produzione estraibile sia il legno cippato: ad esempio in presenza di filari di pioppi o salici, specie non idonee a fornire legna da ardere di buona qualità.

N.B.
Rispetto ai sistemi di raccolta tradizionali, i cantieri basati sulla cippatura dei fusti interi consentono di sfruttare al massimo la biomassa disponibile: oltre che aumentare il prodotto vendibile (in maniera ingente se le piante utilizzate sono giovani), la cippatura permette di rimuovere i problemi relativi allo smaltimento di rami e cimali, che devono essere sempre in qualche modo eliminati. Con il sistema della cippatura integrale si aumenta il legname raccolto di una quota compresa tra il 30-40% rispetto alla massa della sola legna da ardere, valorizzando tutta la biomassa non sfruttabile ai fini della produzione dei tondelli. Il guadagno implicito legato alla realizzazione della cippatura integrale aumenta in presenza di popolamenti meno sviluppati, dove la percentuale di ramaglia è maggiore.

Il cantiere di raccolta prevede sempre inizialmente il taglio manuale delle piante da parte di due operatori: si procede anche in questo caso all'abbattimento direzionato con la motosega delle piante, e tutti i fusti sono poi concentrati in campo, con i calci rivolti verso la capezzagna transitabile (Spinelli *et al.*, 2003 a). Le piante troppo grosse generalmente sono tagliate dal motoseghista in due parti per essere più facilmente movimentate. Si ottiene così una lunga andana di piante intere, disposte in campo immediatamente adiacenti alla capezzagna.

La realizzazione della cippatura può avvenire in condizioni diverse, a seconda di molteplici fattori: in particolare si deve valutare lo stato e la condizione delle piante oggetto di sminuzzatura. Si distingue infatti la cippatura "sul fresco", eseguita su legname fresco, su piante che vengono sminuzzate subito dopo l'abbattimento, dalla cippatura "sul secco", che si realizza lasciando trascorrere un certo periodo di tempo (qualche settimana o qualche mese) dal taglio del legname.

Cippando "sul secco" si permette al legname di stagionare in campo e di evitare il verificarsi dei processi fermentativi all'interno dei cumuli di cippato, con conseguente perdita di sostanza secca e di biomassa legnosa.

Queste diverse opzioni implicano profonde differenze non solo nell'esecuzione della cippatura stessa, ma anche nei successivi stadi di essiccazione e maturazione del cippato risultante, durante la fase dello stoccaggio e prima dell'utilizzo finale:

- il legname secco, parzialmente stagionato già in campo, presenta maggiori resistenze alla sminuzzatura rispetto al legname fresco, appena tagliato: questo determina una riduzione della produttività del lavoro e una maggiore usura degli organi sminuzzanti della macchina cippatrice (ad esempio questo vale in presenza di specie caratterizzate da legno molto duro, tipo la robinia);
- nel caso di cippatura eseguita sul legname fresco, il prodotto risultante per essere utilizzato in alcune tipologie di impianti (caldaie a griglia fissa) deve subire un processo di stagionatura e rappresenta un substrato ottimale per la proliferazione di batteri e muffe che si nutrono del legno e dei suoi componenti: il verificarsi dei processi degradativi della fermentazione all'interno dei cumuli di cippato comporta una perdita di sostanza secca non trascurabile, con un conseguente calo della massa del prodotto risultante (perdite stimabili fino al 15-20%); le caldaie a griglia mobile invece possono essere alimentate anche con biomassa fresca, umida.

Un altro aspetto da valutare è quello logistico: la cippatura può essere eseguita direttamente in pieno campo oppure a bordo campo.

Il primo caso implica che il trattore e la cippatrice possano entrare in campo, procedendo lungo l'andana di piante abbattute: questo si verifica quando le macchine non danneggiano le coltivazioni presenti o quando la portanza del suolo è tale da sostenere il peso e il transito dei mezzi impiegati nel cantiere (ad esempio in presenza di terreno ghiacciato).

In questo contesto generalmente si utilizza una cippatrice piccola, azionata da un trattore la cui potenza mediamente si aggira sui 75 kW.

Qualora vi sia la possibilità di cippare direttamente in campo, è auspicabile che a fianco del trattore che porta la cippatrice proceda un secondo trattore munito di un rimorchio capiente, a sponde alte, dove depositare direttamente il cippato prodotto. La cippatrice avanza con la bocca rivolta verso il campo dove sono concentrate le piante: l'alimentazione della macchina è generalmente manuale o può essere anche meccanica, ad esempio attraverso la gru del trattore trainante. Una volta riempito il rimorchio, il trattore è condotto

in azienda per scaricare il legno cippato. In questo tipo di cantiere si deve prevedere la possibilità di usufruire di almeno due trattori con rimorchio, per non interrompere la continuità dell'operazione di cippatura, evitando un conseguente incremento dei tempi e dei costi che caratterizzano questa fase del lavoro.
Un'opzione praticabile è l'applicazione di un rimorchio a sponde alte attaccato direttamente dietro alla cippatrice (Foto 2.96). In questo modo si semplifica il cantiere di raccolta, prevedendo il transito in campo di un unico mezzo che accorpa assieme le diverse operatrici coinvolte (trattore-cippatrice-rimorchio). Tale alternativa è resa possibile solo se la cippatrice impiegata è dotata di alcuni organi e accessori che permettano il regolare svolgimento del lavoro: presenza di un gancio di traino a cui applicare il rimorchio, di ruote che ne permettono lo spostamento, di una bocca di alimentazione rivolta verso il campo, dove sono disposte le piante.

Foto 2.96. Rimorchio applicato direttamente dietro a una cippatrice.

Il secondo caso implica una situazione in cui non si possa transitare direttamente con la cippatrice all'interno del campo: ad esempio per la presenza di un terreno troppo pesante e fangoso, per l'impossibilità di svolgere le manovre, per la presenza in campo di colture che non si intende danneggiare, per la necessità di liberare quanto prima il campo e le capezzagne dalle piante abbattute.
Qualora si presenti questa ipotesi, si deve realizzare il concentramento delle piante abbattute sino al bordo del campo, in una piazzola sufficientemente ampia dove si posiziona la cippatrice: qui le piante vengono scaricate a formare delle cataste e successivamente si procede al loro inserimento nella bocca del mezzo stesso.
Per la movimentazione del legname si può utilizzare una pala gommata dotata di un caricatore frontale, in molti casi presente in azienda agricola; in alternativa si può ricorrere all'impiego di un trattore provvisto di gru idraulica e rimorchio oppure di una pinza-tronchi. Anche in questo caso a fianco della cippatrice si deve posizionare un trattore con rimorchio a sponde alte, dove depositare il cippato prodotto.

N.B.
È sconsigliabile concentrare le piante esboscate in poche cataste di grandi dimensioni, dove esse si ammassano in modo disordinato e irregolare, poiché l'alimentazione delle piccole cippatrici nella maggior parte dei casi avviene manualmente. Districare le piante una ad una per immetterle nella bocca della cippatrice comporterebbe grande fatica e difficoltà per gli operatori addetti, con notevole aumento del tempo necessario per lo svolgimento di questa fase e una conseguente forte riduzione della produttività del lavoro.

Elaborando i dati ottenuti da più cantieri sperimentali a bassa meccanizzazione allestiti per la raccolta di una serie di siepi campestri della pianura veneta, si è ricavato il costo di produzione che caratterizza ciascuna delle filiere ipotizzate (Spinelli *et al.*, 2003 a). Il valore medio del costo si attesta attorno a:

- poco meno di 50 euro/tonnellata per la produzione di legno cippato;
- 63 euro/tonnellata per la filiera delle balle di rami e cimali;
- 90 euro/tonnellata circa per la produzione di pezzi di legna.

Si può concludere che la raccolta di biomassa da filari alberati governati a ceduo con cantiere a meccanizzazione minima è senz'altro fattibile, ma comporta costi di lavorazione molto elevati: l'applicazione di questi sistemi di lavoro risulta conveniente solo qualora si impieghino risorse marginali all'azienda. La possibilità di diminuire i costi di lavorazione resta legata solo all'introduzione di un più elevato grado di meccanizzazione nelle diverse fasi che contraddistinguono la raccolta e la prima trasformazione.
La produzione di legna da ardere presenta il costo di lavorazione più elevato: essa è sostenibile solo nel caso in cui si profili un suo totale impiego all'interno dell'azienda stessa, con pieno sfruttamento del valore aggiunto annesso.
Con il basso livello di meccanizzazione impiegato, anche la produzione di cippato presuppone come migliore ipotesi un impiego del prodotto finale limitato all'azienda stessa: ad esempio in presenza di una caldaia a cippato, o di una mini-rete di tele-riscaldamento che serva più utenze (una struttura agrituristica o un'azienda dotata di serre per coltivazioni orticole o floricole). La convenienza economica alla commercializzazione si ha solo nel caso in cui la dotazione aziendale

di impianti legnosi sia cospicua e il prodotto venga immesso sul mercato a un prezzo non inferiore ai 60 euro/tonnellata (nel caso di legno fresco, con contenuto idrico del 45-50% circa). Da considerare che, oltre ai costi di pura produzione (abbattimento, allestimento, cippatura), gravano sul produttore anche i costi di impianto e di coltivazione del filare: è quindi conveniente che la produzione di cippato derivi da un intervento di manutenzione necessaria più che da un'operazione produttiva.

N.B.
Il vantaggio offerto dalla cippatura è evidente e consiste nella possibilità di recuperare circa il 30% della biomassa totale disponibile, che altrimenti verrebbe persa o comunque costituirebbe un problema per lo smaltimento, dal punto di vista sia tecnico sia economico. Lo smaltimento della ramaglia comporta infatti un costo stimato di circa 10 euro/tonnellata: stimando che almeno un quarto del materiale cippato sia costituito da ramaglie, si può ritenere che ogni tonnellata di cippato prodotta permetta di risparmiare 2,5 euro di smaltimento.

c) Produzione integrata di legna in pezzi e di legno cippato

Tale ipotesi è realizzabile in presenza di siepi campestri di notevole estensione, oppure qualora la raccolta riguardi contemporaneamente più filari di proprietà della stessa azienda agricola.

I cantieri si devono basare su una meccanizzazione leggera, in modo da permettere spostamenti rapidi e frequenti tra i vari siti in cui si allestiscono i cantieri di raccolta.

La condizione necessaria è che da tali cantieri sia possibile estrarre quantità significative di biomassa legnosa. Una produzione combinata di ciocchi e di legno cippato è giustificabile solo in presenza di rilevanti quantitativi di ramaglie e cimali che rimangono in campo come residui della filiera della legna in pezzi. Solo in questo caso la cippatura costituisce un'opzione conveniente rispetto alla trinciatura o alla bruciatura in campo dei residui stessi, dal momento che il margine di guadagno ricavabile dalla vendita del cippato risulta significativamente alto e rende conveniente l'esecuzione della cippatura, ammortizzando la spesa per il noleggio delle macchine necessarie da una ditta di locali contoterzisti.

Parallelamente alla produzione di legna da ardere, che spunta sul mercato prezzi più remunerativi del cippato, per ottimizzare la valorizzazione dei filari alberati dove possibile è conveniente integrare il cantiere realizzando anche la cippatura di rami e cimali residui. Le parti delle piante non utilizzabili per ottenere i tronchetti, o quelle in *surplus* rispetto alla domanda di pezzi di legna, vengono impegnate nella produzione di legno cippato.

L'abbattimento è realizzato sempre manualmente, per mezzo di due o più operatori muniti di motosega. Le piante abbattute vengono successivamente sramate sul letto di caduta, creando molteplici cataste di stanghe disposte a lato della capezzagna e una lunga andana continua di rami e cimali. Per la produzione dei pezzi di legna si ricorre a una macchina taglia-spacca legna applicata all'attacco a tre punti di un trattore agricolo; per la cippatura invece si impiega una cippatrice di piccola taglia, sempre azionata da un trattore aziendale. La macchina taglia-spacca legna e la cippatrice ovviamente devono essere supportate da un adeguato numero di trattori con rimorchio su cui caricare le differenti tipologie di prodotto risultante (pezzi di legna e legno cippato).

Anche in questo caso le fasi della prima trasformazione possono essere realizzate:

- direttamente in pieno campo: dove risulti possibile il transito dei mezzi coinvolti in campo e lungo le capezzagne interessate;
- a bordo campo: possibilmente in spiazzi sufficientemente ampi per il posizionamento e il funzionamento dei mezzi, previo opportuno concentramento delle piante abbattute.

2.5.1.2 Cantieri ad alto grado di meccanizzazione

Un cantiere di raccolta che si proponga di ottenere un'elevata produzione di biomassa legnosa a costi il più possibile contenuti deve necessariamente ispirarsi a una logica industriale, basandosi cioè su macchine specializzate e altamente produttive (Spinelli *et al.*, 2002).

L'impiego di macchine operatrici molto grandi e pesanti presso i filari campestri può tuttavia incontrare problemi e difficoltà per una serie di motivi (Spinelli *et al.*, 2002):

- l'utilizzazione delle siepi è piuttosto diluita, dilazionata nel tempo, e la concentrazione degli impianti stessi sul territorio è molto frammentata, per cui le macchine stesse devono essere di frequente spostate;
- gli appezzamenti dove sorgono i filari devono essere di solito transitati il meno possibile, per evitare danneggiamenti alle coltivazioni e un eccessivo costipamento del suolo stesso: i cantieri inoltre sono allestiti solo in certi periodi dell'anno, vale a dire generalmente nel periodo autunno-invernale, quando il terreno è più pesante e può creare forti ostacoli al passaggio delle macchine;
- al momento della fine del turno di utilizzazione le dimensioni delle piante sono di solito contenute e non giustificano l'impiego di macchine grosse e potenti.

Alla luce di questi molteplici fattori si deve ricorrere a una meccanizzazione moderna e avanzata ma allo stesso tempo leggera ed efficace. Ovviamente l'acquisto del parco macchine e delle attrezzature impiegate nei cantieri di raccolta e lavorazione ad alta meccanizzazione è un investimento che deve essere sostenuto da un contoterzista e non dal singolo agricoltore, che non può permettersi di dotare la sua azienda di macchinari molto evoluti ed eccessivamente costosi.
A seconda del tipo di prodotto che si intende ottenere, il sistema di lavoro prevede la sequenza di operazioni differenti e il ricorso a un parco macchine specifico e di volta in volta diverso.

a) Produzione di legna in pezzi

Per l'abbattimento vi sono molteplici opzioni:

- si può impiegare un'attrezzatura polivalente, costituita da una testa abbattitrice a cesoia (Foto 2.97) applicata al braccio caricatore di un trattore agricolo di 110 kW di potenza: la cesoia può essere applicata eventualmente anche a una motrice forestale dedicata o a un escavatore cingolato di taglia media (10-15 tonnellate di peso);
- un altro tipo di macchina impiegabile in questo contesto è una testa abbattitrice-affastellatrice a disco, applicata a un minicaricatore tipo Bobcat con cingolatura in gomma (Foto 2.98).

Foto 2.97. Abbattitrice a cesoia in azione su una siepe campestre.

La testa abbattitrice a cesoia procede lungo il filare, afferra le piante, le recide alla base e le depone a terra in senso perpendicolare alla direzione di avanzamento, ad alcuni metri di distanza dalle piante in piedi.
Rispetto al taglio manuale con la motosega, la cesoia consente una maggiore produttività, riducendo sia il costo di lavorazione, sia il tempo occorrente per svolgere il lavoro, sia l'affaticamento degli operatori. Gli svantaggi sono legati alle modalità del taglio:

- capacità di impegnare la pianta solo a una certa altezza dalla base della ceppaia, con rilascio di un moncone di lunghezza variabile che deve essere in un secondo momento ribassato manualmente;
- realizzazione di tagli non sempre netti che determinano sfibrature e spaccature sulle ceppaie, le quali possono originare fenomeni di marcescenza e pregiudicare la vitalità delle ceppaie stesse.

Foto 2.98. Abbattitrice-affastellatrice a disco applicata a un Bobcat all'opera su una siepe campestre.

Per quanto riguarda l'impiego dell'abbattitrice-affastellatrice a disco, applicata a un minicaricatore tipo Bobcat con cingolatura in gomma, tale operatrice può trattare efficacemente ceppaie recanti più polloni, anche se il taglio delle ceppaie richiede un allungamento della durata dell'operazione rispetto all'abbattimento di fusti singoli.
La testa abbattitrice a disco riesce a effettuare un taglio relativamente basso e pulito, sicuramente migliore rispetto a quello effettuato dai dispositivi con sega a catena o con cesoia: la macchina a disco può eventualmente effettuare un secondo taglio raso terra, qualora le dimensioni della ceppaia richiedano che il taglio dei polloni sia effettuato a più riprese.
Un'altra alternativa eventualmente praticabile potrebbe essere l'impiego dell'abbattitrice con sega a catena applicata a

un escavatore leggero: tale macchina si rivela molto mobile e riesce a realizzare un taglio pulito, senza crepature o sbavature della corteccia. Tuttavia nemmeno con questa abbattitrice si arriva a tagliare a 2-3 cm dal suolo e, per polloni molto storti o fitti, vi è il pericolo di piegare la barra porta-lama o che la catena esca dalla guida, con possibilità di rottura della stessa. Pertanto l'uso dell'abbattitrice con sega a catena in presenza di ceppaie o capitozze recanti un numero elevato di polloni è sconsigliato.
Va ricordata l'importanza di eseguire il ribassamento delle ceppaie una volta concluso il cantiere di raccolta, nel caso in cui il taglio sia stato eseguito tramite una testa abbattitrice a cesoia. Tale operazione va realizzata manualmente, previo motosega (Foto 2.99), allo scopo di ripristinare la vitalità delle ceppaie: in tal modo si evita il verificarsi di fenomeni di marcescenza e si consente il corretto riscoppio dei ricacci nella primavera successiva all'intervento di manutenzione dell'impianto.

Foto 2.99. Ribassamento manuale delle ceppaie una volta concluso il cantiere di raccolta.

Una volta abbattute, le piante sono deposte a terra lungo la capezzagna o in campo, immediatamente a lato della capezzagna. Qualora vi sia la necessità di liberare quanto prima il campo e le capezzagne dalle piante abbattute, oppure qualora vi siano colture che non si intende danneggiare, i fusti e i polloni devono essere concentrati a bordo campo, in prossimità di una delle estremità del filare o in una piazzola sufficientemente ampia adiacente al filare.

La movimentazione di fusti e polloni può essere effettuata con un caricatore forestale su pala gommata. Il caricatore non è una macchina specializzata in lavori forestali di questo tipo, ma è comodo, piuttosto veloce e facilmente reperibile: molto spesso infatti è già presente nel parco macchine di dotazione aziendale. È meno mobile rispetto a un mezzo specializzato, ma questo suo limite non si denota quando si opera su terreni agricoli. Il caricatore preleva i fastelli, li porta a bordo campo e li riunisce in una grossa catasta alta circa 3-4 metri, in modo da ridurre l'area di ingombro del legname per non ostacolare il corretto svolgimento delle successive operazioni.
Altre tipologie di mezzi utilizzabili in questa fase sono un trattore agricolo dotato di gru idraulica e rimorchio oppure un trattore munito di pinza-tronchi.
Per il concentramento delle piante esboscate si può ricorrere eventualmente a una pinza-tronchi montata sul braccio di un escavatore.

N.B.
La movimentazione e il concentramento di fusti e polloni si effettuano preferibilmente con un caricatore frontale montato su pala gommata, che è in grado di offrire una produttività eccezionalmente elevata, arrivando fino a circa 12 tonnellate/ora. Probabilmente queste prestazioni così elevate sono ineguagliabili da parte di altri mezzi, come ad esempio un trattore agricolo munito di forca frontale, che non è in grado di caricare le stesse quantità di materiale e che oltretutto si troverebbe in maggiore difficoltà nelle manovre. Lo stesso vale per un trattore agricolo con rimorchio e gru idraulica, che impiegherebbe molto più tempo a caricare che a scaricare: la sua produttività media infatti è di poco superiore alle 4 tonnellate/ora. Per questo tipo di operazione il caricatore frontale deve essere preferibilmente leggero e non molto costoso: il contoterzista può anche acquistarlo usato, da imprese edili.

Nel caso in cui non vi siano vincoli legati alla portanza del terreno o alla necessità di liberare il terreno dall'ingombro delle piante abbattute, le macchine implicate nelle fasi della prima trasformazione possono anche entrare in pieno campo, per cui non è necessario effettuare il concentramento.
Se dall'abbattimento dell'impianto si intende ricavare una produzione esclusiva di legna in pezzi (in presenza di specie legnose in grado di dare tronchetti di buona qualità, come ad esempio l'olmo campestre o la robinia), si può ricorrere all'utilizzo di un processore o di una testa *harvester*.

La testa *harvester* è costituita da una testa abbattitrice (*feller*) abbinata a una testa allestitrice (processore): essa è in grado di abbattere, sramare e sezionare le piante abbattute in tronchetti di dimensioni più ridotte. Come motrice ci si può rivolgere a qualsiasi macchina capace di azionare una gru idraulica: generalmente la testa viene montata su un escavatore o applicata al braccio caricatore montato su un trattore agricolo, ma in alternativa si può ricorrere anche a motrici forestali dedicate, a ruote o cingolate.
La testa *harvester* svolge un lavoro di qualità solo in presenza di piante singole ad altofusto, fusti unici. In presenza di siepi campestri caratterizzate da ceppaie recanti più polloni, tale operatrice viene raramente impiegata: per l'operazione di taglio infatti si ricorre ad altre operatrici (ad esempio la testa abbattitrice a disco o a cesoia) e per la sramatura e la depezzatura si impiega una testa allestitrice (il processore).
Il processore è in grado di impegnare solo cataste di fusti e polloni già abbattuti: come descritto in precedenza, questa macchina è in grado di sramare fusti e polloni e contemporaneamente di depezzarli con la sua lama a catena (Foto 2.100), dando vita a tronchetti di dimensioni variabili (ad esempio di lunghezza 1 metro) riuniti in cataste.

Foto 2.100. Il processore srama e depezza i polloni interi producendo tronchetti lunghi 1 metro.

Questi tronchetti possono essere sezionati per dare pezzi di legna direttamente in campo, qualora sia presente una macchina taglia-spacca legna semovente o azionata da un apposito trattore. In alternativa essi possono essere collocati mediante una gru idraulica su un rimorchio trainato da un trattore e portati sul piazzale di lavorazione e stoccaggio della piattaforma, dove vengono sottoposti a sezionatura tramite il ricorso a una macchina taglia-spacca legna. Se nel cantiere di raccolta non è prevista la produzione di legno cippato, rami e cimali derivanti dall'azione del processore vengono riuniti in mucchi e vanno incontro alla trinciatura tramite un trinciasarmenti applicato a un trattore agricolo.

N.B.
L'inserimento della testa *harvester* nei cantieri di raccolta e trasformazione che caratterizzano la filiera legno-energia è un'opzione altamente innovativa. L'investimento per l'acquisto di tale operatrice infatti è molto oneroso, per cui può essere giustificato solo qualora la piattaforma produttiva gestisca una rete di impianti legnosi (lineari e a pieno campo) molto estesa, dalla quale si preveda di poter estrarre quantità molto significative di biomassa destinabile alla produzione di pezzi di legna: la legna da ardere è infatti caratterizzata da un notevole valore aggiunto e da elevati margini di guadagno al momento della sua commercializzazione. La produttività di questa macchina è piuttosto variabile nei diversi contesti in cui può essere impiegata, ma è sicuramente ingente e si rivela comunque superiore alle altre attrezzature utilizzate per le stesse fasi del lavoro. La capacità di effettuare contemporaneamente molteplici operazioni permette di semplificare notevolmente l'esecuzione del lavoro, riducendone la tempistica e la necessità di manodopera. Le operazioni svolte dalle teste *harvester* sono infatti regolate da un *software*, gestito da un unico operatore posto alla guida del trattore o dell'escavatore su cui il processore viene applicato.

b) Produzione di legno cippato

Anche in questo contesto l'abbattimento può essere opportunamente eseguito:

- da una testa abbattitrice a cesoia, applicata al braccio caricatore di un trattore agricolo di 110 kW di potenza, oppure a una motrice forestale dedicata o a un escavatore cingolato di taglia media (10-15 tonnellate di peso);
- da una testa abbattitrice-affastellatrice a disco, applicata a un minicaricatore tipo Bobcat con cingolatura in gomma.

Anche in questo cantiere le successive fasi del lavoro, come descritto nei sistemi di lavoro analizzati in precedenza, possono essere realizzate direttamente in pieno campo oppure a bordo campo. In quest'ultimo caso, per l'esbosco e il concentramento in una o più cataste delle piante intere abbattute, si può ricorrere a un caricatore frontale su pala gommata, a un trattore dotato di gru e rimorchio o di pinza-tronchi, o eventualmente a un escavatore munito di pinza-tronchi.
L'operazione della cippatura può essere effettuata con macchine di diverso tipo, ma la migliore soluzione è l'impiego di una cippatrice di medio-grande potenza azionata da un trattore agricolo.
In presenza di una disponibilità economica elevata si può ricorrere anche a una grossa cippatrice industriale, semovente, dotata di motore autonomo e gru incorporata, in grado di muoversi agilmente tra le numerose cataste. Poiché è necessario trasferire frequentemente il cantiere da un impianto all'altro, si consiglia l'utilizzo di mezzi a ruote anziché a cingoli, così da poter circolare liberamente su strada.
L'alimentazione della cippatrice avviene in modo autonomo e meccanicamente: i fusti e i polloni sono portati sulla bocca della cippatrice attraverso il braccio caricatore di cui è dotata la macchina stessa. La squadra che opera in questa fase del cantiere può essere composta da una o due persone. In genere un solo operatore è in grado di gestire il lavoro: manovrando la gru raggiunge la catasta di tronchi, afferrandoli e portandoli via via sulla bocca della cippatrice; a volte è presente anche un altro operatore, il quale agevola l'ingresso delle piante nella bocca della cippatrice.
Se la cippatrice opera a bordo campo, essa si alimenta a partire dalle cataste precedentemente formate dai mezzi impiegati nel concentramento. Se invece la cippatura viene eseguita direttamente in campo, la cippatrice azionata dal trattore procede lungo l'andana di piante tagliate (Foto 2.101), afferrandole e sminuzzandole dopo averle portate alla bocca di alimentazione con il suo braccio caricatore.

Foto 2.101. Cippatura direttamente in campo lungo l'andana disposta sul bordo della capezzagna.

Il cantiere in ogni caso deve ovviamente prevedere la disponibilità di almeno due o più trattori portanti rimorchi a sponde alte, su cui si riversa il materiale prodotto dalla cippatrice in seguito alla sminuzzatura.
La produttività di una cippatrice di taglia media, se si opera su materiale fresco, si può avvicinare mediamente alle 10-12 tonnellate/ora; se invece si procede a cippare "sul secco", in presenza di legno che ha già subito un processo di stagionatura in campo, la produttività cala leggermente, attestandosi mediamente su valori attorno alle 8 tonnellate/ora.

c) Produzione integrata di legna in pezzi e di legno cippato

In questo contesto l'abbattimento può essere eseguito mediante una testa abbattitrice-affastellatrice a disco applicata a un minicaricatore tipo Bobcat con cingolatura in gomma, oppure in alternativa mediante una testa abbattitrice a cesoia montata su un trattore agricolo o su un escavatore.
Per l'esbosco e il concentramento a bordo campo delle piante intere in cataste invece si può ricorrere a un caricatore frontale su pala gommata, a un trattore dotato di gru e rimorchio o di pinza-tronchi, oppure a un escavatore munito di pinza-tronchi.
All'imposto, in presenza di una piazzola di adeguata superficie, si posiziona il processore (montato su un escavatore, sul braccio caricatore di un trattore agricolo, oppure su una motrice forestale dedicata, a ruote o cingolata): la macchina afferra le piante intere presenti nelle grandi cataste, le srama, le seziona e crea da una parte cumuli di tronchetti e dall'altra mucchi di rami e cimali.
La produzione della legna in pezzi a partire dai tronchetti è realizzata da una macchina taglia-spacca legna semovente o portata da un trattore agricolo; il rimorchio di un secondo trattore affiancato alla macchina taglia-spacca raccoglie i ciocchi prodotti. La cippatura dei mucchi di rami e cimali è eseguita da una cippatrice di medio-grande potenza, semovente e dotata di motore autonomo oppure azionata da un trattore agricolo di potenza di almeno 130 kW. Anche in questo contesto si deve prevedere la disponibilità di almeno due o più trattori con rimorchi per supportare l'azione delle cippatrici. Il cippato così prodotto è direttamente riversato su un rimorchio capiente a sponde alte posto nelle immediate vicinanze della cippatrice (a fianco o dietro la macchina).

2.5.2 Cantieri di raccolta e prima trasformazione su bande boscate polivalenti

Anche per la raccolta di biomassa legnosa dalle bande boscate polivalenti le modalità di cantieri attuabili sono molteplici, a seconda della specifica filiera in cui rientra il prodotto legnoso ricavabile e del tipo di meccanizzazione disponibile o che si intende impiegare.

Rispetto alle siepi campestri, le bande boscate sono costituite da un numero variabile di file parallele e aggregate tra loro: pertanto vanno prese nella necessaria considerazione le problematiche legate alla logistica dei cantieri, alla mobilità delle macchine, all'organizzazione e alla successione temporale delle diverse fasi che caratterizzano il processo produttivo.
Nel programmare in maniera adeguata gli interventi di manutenzione e utilizzazione di questi popolamenti, è determinante la valutazione e la scelta di quali e quante file mantenere in piedi o destinare al taglio. In particolare si deve tener conto della necessità di creare gli opportuni spazi per permettere l'adeguata movimentazione e la corretta funzionalità delle macchine impiegate nel cantiere di raccolta: almeno 9-10 metri sono una superficie ritenuta generalmente sufficiente in tal senso.

UN CANTIERE SPERIMENTALE DI VENETO AGRICOLTURA

Nella primavera del 2006 il Centro Vivaistico e per le Attività Fuori Foresta di Veneto Agricoltura ha realizzato un cantiere dimostrativo-sperimentale nell'ambito degli interventi previsti per la gestione colturale e la manutenzione di una banda boscata fonoassorbente a 6 filari dislocata a lato dell'Autostrada A31 Valdastico nel comune di Montecchio Precalcino (VI). Si sono abbattute le file C, D ed E (Fig. 2.1), governate a ceduo (presenza di specie arboree a ceppaia e specie arbustive), per le quali si prevede un taglio periodico per l'ottenimento di biomassa legnosa a scopo energetico.

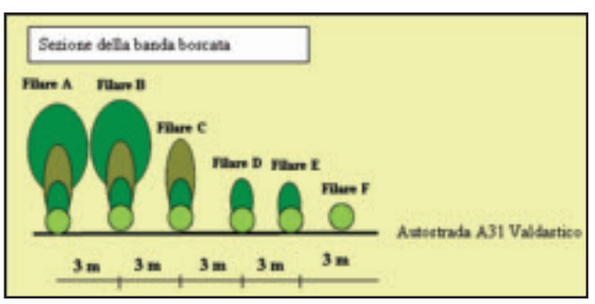

Figura 2.1. Sesto di impianto della banda boscata oggetto dell'intervento di manutenzione.
Fonte: Centro Vivaistico e per le Attività Fuori Foresta - Veneto Agricoltura.

a) Produzione di legna in pezzi

La produzione esclusiva di legna in pezzi si verifica se nelle file sottoposte al taglio sono presenti molte piante appartenenti a specie legnose in grado di fornire legna da ardere di qualità (olmo campestre, carpino, frassino).
L'operazione dell'abbattimento è realizzata manualmente da più unità lavorative mediante l'impiego di motoseghe (Foto 2.102). Alcuni operatori effettuano il taglio e altri invece dirigono la caduta delle piante abbattute, per evitare danni agli individui lasciati in piedi e con lo scopo di facilitare l'esecuzione delle successive fasi dell'allestimento e dell'esbosco.

Foto 2.102. Banda boscata a 4 file: abbattimento manuale.

La movimentazione e l'allestimento delle piante tagliate avvengono anch'essi manualmente: fusti e polloni vengono sramati direttamente sul letto di caduta. I rami e i cimali sono riuniti in piccole cataste e lasciati *in loco*, all'interno della banda boscata, lungo le file rimaste in piedi.
L'esbosco riguarda solo i fusti sramati e può avvenire secondo più modalità:

- mediante un caricatore forestale su pala gommata;
- mediante un trattore dotato di gru e rimorchio o in alternativa di pinza-tronchi.

N.B.
È importante che l'abbattimento delle file previste determini la creazione di corridoi sufficientemente ampi per l'ingresso e il transito all'interno del popolamento dei mezzi impiegati nell'esbosco e nel concentramento delle stanghe in più cataste ai bordi della banda boscata.

Le stanghe vengono sezionate e ridotte in pezzi di legna tramite una macchina taglia-spacca legna applicata all'attacco a tre punti di un trattore agricolo. In questa fase lavorano due operatori, uno addetto all'azionamento della macchina e l'altro preposto al caricamento dei tronchi sul piano di lavoro. Il materiale depezzato e spaccato è inviato nel convogliatore a nastro e quindi riversato al rimorchio di un secondo trattore agricolo posto affiancato all'operatrice.

In alternativa i trattori muniti di braccio caricatore o pinza-tronchi possono concentrare le stanghe in più cataste sempre all'interno della banda boscata. In tal caso il trattore che aziona la taglia-spacca e il trattore con rimorchio adiacente avanzano lungo i corridoi liberati all'interno della banda boscata (a condizione che vi sia lo spazio libero per il transito dei due mezzi che procedono affiancati) e impegnano progressivamente le cataste.

b) Produzione di legno cippato

L'abbattimento è manuale e viene realizzato sempre da due o più operatori mediante motosega. In questo caso non è necessaria la sramatura sul letto di caduta: le piante abbattute vengono esboscate intere, comprensive di rami e cimali.
Nelle fasi di esbosco e concentramento si possono impiegare un caricatore frontale su pala gommata oppure un trattore dotato di gru e rimorchio o di pinza-tronchi.
Per la cippatura si impiega una cippatrice piccola, azionata da un trattore agricolo di potenza pari a circa 75 kW; dietro la cippatrice si posiziona un rimorchio capiente, a sponde alte, dove depositare direttamente il cippato. Per ottimizzare l'azione della cippatrice, evitando di interromperne l'azione, si deve sempre organizzare il cantiere prevedendo la disponibilità di più trattori e rimorchi.
Anche in questo caso la cippatura può essere realizzata al bordo della banda boscata (in prossimità delle sue estremità, se vi sono imposti o piazzole sufficientemente ampi) oppure direttamente all'interno della banda boscata. In quest'ultimo caso con il concentramento delle piante intere si creano più cataste di piccole dimensioni oppure andane continue di fusti e polloni (Foto 2.103): anche in questo contesto, in previsione di impiegare cippatrici di piccola taglia, si sconsiglia di concentrare le piante esboscate in poche cataste di grandi dimensioni.

Foto 2.103. Le piante intere sono concentrate costituendo un'andana continua lungo la banda boscata.

Il trattore con la cippatrice si sposta all'interno della banda boscata tra le piccole cataste o lungo l'andana ed esegue la cippatura (Foto 2.104).

Foto 2.104. La cippatrice impegna l'andana di fusti interi spostandosi all'interno della banda boscata.

c) Produzione integrata di legna in pezzi e di legno cippato

L'abbattimento è realizzato manualmente da due o più operatori muniti di motoseghe. Le fasi della prima trasformazione possono essere eseguite all'interno della banda boscata, sfruttando gli spazi liberati dalle file abbattute, o preferibilmente all'estremità dell'impianto.
Le piante abbattute vengono esboscate intere, comprensive di rami e cimali. Per l'esbosco e il successivo concentramento delle piante esboscate si procede allo stesso modo e con le stesse macchine impiegate nei cantieri finalizzati a produrre solo pezzi di legna o solo cippato.
Si ottengono così all'estremità della banda boscata dei cumuli di piante intere che vengono sramate manualmente da due o più operatori: è sempre opportuno che tali mucchi siano di dimensioni contenute, al fine di ottimizzarne la manipolazione manuale da parte degli operai addetti al lavoro.
Al termine dell'allestimento si realizzano cataste separate di stanghe sramate e di rami e cimali:

- le stanghe sono sezionate e ridotte in tondelli tramite una macchina taglia-spacca legna applicata all'attacco a tre punti di un trattore agricolo: i pezzi di legna risultanti sono immessi sul rimorchio di un secondo trattore agricolo posto a fianco della macchina taglia-spacca;
- rami e cimali sono cippati da una cippatrice piccola, azionata da un trattore agricolo di 75 kW di potenza; l'azione della cippatrice è supportata dalla presenza di due o più trattori agricoli portanti rimorchi a sponde alte in cui si deposita il cippato prodotto.

2.5.2.2 Cantieri ad alto grado di meccanizzazione

a) Produzione di legna in pezzi

Un cantiere di raccolta ad alto grado di meccanizzazione raramente si propone la produzione esclusiva di legna in pezzi. In questo contesto si tende a recuperare tutta la biomassa estraibile, non solo dai fusti ma anche dai rami e dai cimali raccolti, che costituiscono quantitativi rilevanti e di conseguenza non vengono scartati.

L'abbattimento è eseguito non più manualmente ma per mezzo di macchine dotate di elevata tecnologia ed efficienza produttiva; l'esbosco e il concentramento avvengono sempre per via meccanica e riguardano piante intere, non stanghe già prive di rami e cimali.

Le cataste di piante intere create all'imposto possono essere impegnate da processori (per la produzione combinata di pezzi di legna e cippato) o da cippatrici, qualora si intenda ottenere come unico prodotto il cippato.

b) Produzione di legno cippato

L'operazione del taglio può essere eseguita ricorrendo a due possibili opzioni diverse:

- si può impiegare una testa abbattitrice-affastellatrice a disco, applicata a un minicaricatore tipo Bobcat con cingolatura in gomma;
- in alternativa si può utilizzare una testa abbattitrice a cesoia, montata su un trattore agricolo o su un escavatore.

La testa abbattitrice a disco è in grado di operare con ottimi risultati soprattutto se si procede a un abbattimento parziale del soprassuolo (diradamento delle sole file più interne, mantenendo in piedi i filari più esterni del popolamento): con la sua leggerezza e agilità e con l'elevata facilità di movimento infatti il mezzo riesce a muoversi brillantemente negli spazi ristretti e dopo l'abbattimento depone i fusti e i polloni tagliati sul terreno accatastandoli direttamente, creando durante il suo avanzamento più mucchi consecutivi e agevolando lo svolgimento delle successive fasi del cantiere (Foto 2.105).

Foto 2.105. L'abbattitrice a disco durante il suo avanzamento lungo la banda boscata abbatte le piante e le depone in più cataste.

Anche la testa abbattitrice a cesoia è in grado di muoversi agevolmente tra le file della banda boscata: una volta effettuato il taglio, le piante vengono deposte sul terreno creando un'andana continua di piante (Foto 2.106).

Foto 2.106. L'abbattitrice a cesoia esegue il taglio e via via crea con facilità un'andana continua di piante.

Nella creazione dei mucchi o dell'andana le piante devono essere disposte in modo ordinato: questo accorgimento vale non solo per la cesoia ma anche per la testa abbattitrice a disco e più in generale per tutte le macchine preposte all'abbattimento.

Una volta abbattute, quando vengono deposte a terra, le piante infatti non devono essere sovrapposte disordinatamente, altrimenti questo complica notevolmente l'azione delle macchine impegnate nelle successive fasi del lavoro, la movimentazione o la cippatura. L'inosservanza di questo accorgimento semplice ma quanto mai strategico può allungare in maniera anche molto incisiva la tempistica del cantiere, incrementando inutilmente i costi.

Un'altra pratica da non trascurare è il ribassamento dei monconi lasciati sulle ceppaie dalle macchine abbattitrici (questo in particolare se si usa la cesoia): tale operazione va eseguita manualmente, previo motosega, a conclusione del cantiere di raccolta, e permette di ripristinare la vitalità delle ceppaie consentendo il corretto riscoppio dei ricacci nella primavera successiva all'intervento di manutenzione dell'impianto.

La cippatura può essere eseguita a bordo campo presso un'estremità della banda boscata (Foto 2.107): in tal caso la movimentazione dei fusti e dei polloni viene effettuata tramite un caricatore frontale su pala gommata, per mezzo di un trattore dotato di gru idraulica e rimorchio o eventualmente di una pinza-tronchi, oppure mediante un escavatore munito di pinza-tronchi.

Foto 2.107. Cippatura eseguita a bordo campo presso un'estremità della banda boscata.

In alternativa l'operazione di cippatura può essere eseguita in campo, direttamente sul letto di caduta delle piante: la cippatrice avanza e via via impegna l'andana di fusti e polloni deposti in precedenza a terra dalla macchina abbattitrice.
Le macchine utilizzate in tal caso sono cippatrici industriali di medio-grande potenza, dotate di motore autonomo oppure trainate da un trattore di potenza di almeno 130 kW. L'opzione migliore è quella di ricorrere all'utilizzo di cippatrici semoventi cingolate, in grado di avanzare agevolmente all'interno del popolamento lungo gli spazi lasciati liberi dalla caduta del soprassuolo oggetto di taglio.

N.B.
Un importante aspetto da pianificare nello svolgimento del cantiere è il rispetto della corretta sequenza temporale delle sue varie fasi. Una volta eseguito il taglio (preferibilmente entro la fine di Marzo, non oltre al massimo la prima decade di Aprile), la movimentazione o la cippatura delle piante abbattute deve essere eseguita nei giorni immediatamente successivi: dal momento che fusti e polloni tagliati infatti sono stati deposti sopra le ceppaie di una o più file abbattute, queste ultime devono essere liberate quanto prima, per non danneggiare i giovani ricacci. Un intervento eccessivamente tardivo delle macchine potrebbe infatti compromettere pericolosamente il riscoppio primaverile delle piante presenti nelle file sottoposte a utilizzazione.

Anche in questo contesto è necessario valutare adeguatamente la disponibilità di mezzi programmando la presenza di più trattori e rimorchi a sponde alte su cui caricare il cippato prodotto dal funzionamento continuo della cippatrice: in questo modo si evitano inopportune interruzioni del lavoro della macchina stessa.

c) Produzione integrata di legna in pezzi e di legno cippato

In questo specifico contesto le operazioni di abbattimento, esbosco e concentramento all'imposto si possono realizzare per mezzo delle stesse tipologie di macchine descritte nel precedente cantiere:

- abbattimento: con una testa abbattitrice-affastellatrice a disco applicata a un minicaricatore tipo Bobcat con cingolatura in gomma oppure in alternativa con una testa abbattitrice a cesoia montata su un trattore agricolo o su un escavatore;
- esbosco e concentramento delle piante intere in cataste all'imposto: con un caricatore frontale su pala gommata, con un trattore munito di gru e rimorchio (Foto 2.108) o di pinza-tronchi, con un escavatore dotato di pinza-tronchi.

All'imposto, in presenza di una piazzola di adeguata superficie, si posiziona il processore (montato su un escavatore, un braccio caricatore di un trattore agricolo, oppure una motrice forestale dedicata): la macchina afferra le piante intere, le srama, le seziona e crea da una parte cumuli di tronchetti e dall'altra mucchi di rami e cimali (Foto 2.109).

Foto 2.108. Esbosco con trattore munito di gru e rimorchio.

Foto 2.109. Il processore crea cumuli separati di tronchetti e di rami e cimali.

La produzione della legna in pezzi a partire dai tronchetti è realizzata mediante una macchina taglia-spacca legna semovente o portata da un trattore agricolo; il rimorchio di un secondo trattore posizionato a fianco della macchina taglia-spacca raccoglie i pezzi di legna prodotti.
La cippatura dei mucchi di rami e cimali è eseguita da una cippatrice industriale di medio-grande potenza, semovente e dotata di motore autonomo oppure azionata da un trattore agricolo di potenza di almeno 130 kW. Anche in questo contesto si deve prevedere la disponibilità di almeno due o più trattori con rimorchi a sponde alte, per supportare l'azione delle cippatrici.

2.5.3 Cantieri di raccolta e prima trasformazione su arboreti specializzati per la produzione di biomassa da energia a turno medio

Questo tipo di arboreto, semplificandone in maniera banale la struttura, può essere considerato come un insieme di più filari lineari paralleli e affiancati tra loro a formare un popolamento a pieno campo. Per tale motivo i tipi di cantieri di raccolta e prima trasformazione applicabili a questa categoria di impianti sono tendenzialmente gli stessi che vengono allestiti nell'ambito delle siepi campestri e delle bande boscate polivalenti.
Anche in questo contesto si possono delineare varie situazioni, a seconda del grado di meccanizzazione disponibile e del tipo di filiera in cui si inserisce il processo produttivo.
L'unico accorgimento da tenere in considerazione è la necessità di terminare le operazioni del cantiere generalmente non oltre la fine di Marzo, prima cioè del verificarsi della ripresa vegetativa delle piante interessate al taglio: è necessario evitare che il perdurare della presenza dei fusti e dei polloni abbattuti sopra le ceppaie ne impedisca il riscoppio primaverile, soffocandone o danneggiandone i ricacci.
La corretta tecnica colturale prevede inoltre anche in questo caso la realizzazione della spollonatura nel periodo di riposo vegetativo: l'operazione va sempre realizzata al termine del primo anno di ricrescita dopo ogni taglio di fine turno. Questa pratica permette di concentrare tutto l'accrescimento nei pochi polloni rilasciati sulle ceppaie, determinando un cospicuo aumento di produttività e riducendo in maniera sensibile i costi e i tempi delle operazioni di raccolta.

2.5.3.1 Cantieri a basso grado di meccanizzazione

a) Produzione di legna in pezzi

La produzione esclusiva di legna in pezzi si verifica se l'arboreto da biomassa è costituito principalmente da specie legnose da cui si ricava legna da ardere di buona qualità (olmo, frassino).
L'operazione dell'abbattimento è realizzata manualmente con la motosega. Sono coinvolte almeno due o più unità lavorative: gli operatori in parte effettuano il taglio e in parte dirigono la caduta delle piante abbattute.
La movimentazione e l'allestimento delle piante tagliate avvengono anch'essi manualmente: i fusti e i polloni vengono sramati direttamente sul letto di caduta. I rami e i cimali sono lasciati *in loco*, disposti in lunghe andane. In un secondo momento un trattore con trinciasarmenti provvede alla loro sminuzzatura in campo.
L'esbosco riguarda solo i fusti sramati e può avvenire secondo più modalità:

- mediante un caricatore frontale su pala gommata;
- mediante un trattore dotato di gru e rimorchio o in alternativa di pinza-tronchi.

Gli stessi mezzi sono impiegati anche per il concentramento delle stanghe in più cataste ai bordi del popolamento.
Le stanghe vengono sezionate e ridotte in pezzi di legna tramite una macchina combinata taglia-spacca legna applicata all'attacco a tre punti di un trattore agricolo. In questa fase lavorano due operatori, uno addetto all'azionamento della macchina e l'altro preposto al caricamento dei tronchi sul piano di lavoro. Il materiale depezzato e spaccato è inviato nel convogliatore a nastro e quindi riversato al rimorchio di un secondo trattore agricolo collocato a fianco dell'operatrice.
In alternativa il trattore o il caricatore possono concentrare le stanghe in più cataste lungo i filari all'interno dell'arboreto. In tal caso il trattore che aziona la taglia-spacca e il trattore con rimorchio adiacente avanzano lungo le interfile e impegnano progressivamente le cataste.

b) Produzione di legno cippato

L'abbattimento è manuale, ad opera sempre di due o più operatori muniti di motoseghe. In questo caso non è necessaria la sramatura sul letto di caduta: le piante abbattute vengono esboscate intere, comprensive di rami e cimali.
Nelle fasi di esbosco e concentramento si impiegano le stesse macchine utilizzate nel cantiere preposto alla produzione di sola legna in pezzi: un caricatore frontale su pala gommata oppure un trattore dotato di gru e rimorchio o di pinza-tronchi.
Per la cippatura si impiega una cippatrice piccola, azionata da un trattore agricolo di potenza pari a circa 75 kW; vicino alla cippatrice si posiziona un rimorchio capiente, a sponde alte, dove si deposita direttamente il cippato. Per ottimizzare l'azione della cippatrice, evitando di interromperne l'azione, si deve sempre organizzare il cantiere prevedendo la disponibilità di più trattori e rimorchi.
Anche in questo caso la cippatura può essere realizzata al bordo dell'arboreto (in prossimità delle sue estremità, se vi

sono imposti o piazzole sufficientemente ampi) oppure direttamente in campo. In quest'ultimo caso con il concentramento delle piante intere si creano più cataste di piccole dimensioni oppure andane continue di fusti e polloni: il trattore con la cippatrice si sposta all'interno del campo tra le piccole cataste o lungo l'andana ed esegue la cippatura.
Si può cippare "sul fresco", cioè subito dopo l'abbattimento, oppure "sul secco", cioè alcuni mesi dopo il taglio delle piante, quando il legno ha già raggiunto un contenuto idrico attorno al 30-35%.

c) Produzione integrata di legna in pezzi e di legno cippato
L'abbattimento è realizzato manualmente da due o più operatori muniti di motosega. Le piante abbattute vengono esboscate intere, comprensive di rami e cimali. Per l'esbosco e il successivo concentramento delle piante esboscate si procede allo stesso modo e con le stesse macchine impiegate nei cantieri finalizzati a produrre solo pezzi di legna o solo cippato.
Si ottengono così all'estremità dell'arboreto più cumuli di piante intere che vengono sramate manualmente da due o più operatori: è sempre opportuno che tali mucchi siano di dimensioni contenute, al fine di ottimizzarne la manipolazione manuale da parte degli operai addetti al lavoro.
Al termine dell'allestimento si realizzano cataste separate di stanghe sramate e di rami e cimali:

- le stanghe sono sezionate e ridotte in tondelli tramite una macchina taglia-spacca legna applicata all'attacco a tre punti di un trattore agricolo: i pezzi di legna risultanti sono immessi sul rimorchio di un secondo trattore agricolo affiancato alla macchina taglia-spacca;
- rami e cimali sono cippati da una cippatrice piccola, azionata da un trattore agricolo di 75 kW di potenza; l'azione della cippatrice è supportata dalla presenza di due o più trattori agricoli portanti rimorchi a sponde alte in cui si deposita il cippato prodotto.

2.5.3.2 Cantieri ad alto grado di meccanizzazione

a) Produzione di legna in pezzi
Anche nel caso degli arboreti da biomassa da energia a turno medio difficilmente un cantiere di raccolta ad alto grado di meccanizzazione si propone la produzione esclusiva di legna in pezzi.
Tutte le varie fasi che costituiscono il sistema di lavoro (abbattimento, concentramento ed esbosco, prima trasformazione) sono eseguite mediante mezzi che si caratterizzano per un elevato livello tecnologico; la movimentazione riguarda generalmente piante intere e si cerca di recuperare tutta la biomassa oggetto di raccolta.
Nei diversi cantieri allestibili, a seconda che la trasformazione avvenga a bordo campo o all'interno del popolamento, il prodotto esclusivo può essere il legno cippato o in alternativa si può riscontrare una produzione combinata di pezzi di legna e di cippato.

b) Produzione di legno cippato
Per l'abbattimento si può ricorrere all'impiego di diverse macchine operatrici:

- una testa abbattitrice-affastellatrice a disco applicata a un minicaricatore tipo Bobcat con cingolatura in gomma;
- una testa abbattitrice a cesoia montata su un trattore agricolo o su un escavatore (Foto 2.110).

Foto 2.110. Abbattitrice a cesoia in azione in un arboreto da biomassa a turno medio.

Le varie macchine abbattitrici impegnano contemporaneamente più file (3-4 in media): tagliano le piante e le dispongono sul terreno, creando una lunga andana o concentrandole in alternativa in piccole cataste di 5-8 pezzi, in modo tale da facilitare le successive fasi del lavoro.

UN CANTIERE SPERIMENTALE DI VENETO AGRICOLTURA

Nel cantiere di raccolta allestito dal Centro Vivaistico e per le Attività Fuori Foresta di Veneto Agricoltura nell'autunno del 2006 su un arboreto da biomassa a turno medio ubicato a Rosolina (RO), l'abbattimento è stato realizzato mediante una testa abbattitrice a cesoia montata su un escavatore: in questo contesto si è osservata una produttività di 180-220 piante/ora. L'utilizzazione ha riguardato piante a fusto singolo di diametro medio tra 10-15 cm: si è trattato infatti del primo taglio a cui è andato incontro il popolamento, al quinto anno dalla sua messa a dimora.

L'esbosco e il concentramento possono essere realizzati da un caricatore frontale su pala gommata (Foto 2.111), da un trattore munito di gru idraulica e rimorchio oppure di pinza-tronchi, o da un escavatore munito di pinza-tronchi.

Foto 2.111. Esbosco tramite caricatore forestale su pala gommata.

Queste macchine raccolgono le piante deposte sul campo e creano alcune cataste di grandi dimensioni a bordo arboreto (Foto 2.112).

Foto 2.112. Le piante intere sono concentrate in grandi cataste a bordo arboreto.

La cippatura viene effettuata da una cippatrice industriale di medio-grande potenza, semovente e dotata di motore autonomo (Foto 2.113) oppure azionata da un trattore agricolo di potenza di almeno 130 kW. Tali macchine sono dotate di una gru idraulica e sono in grado di auto-alimentarsi, afferrando direttamente i rami e i cimali costituenti le cataste realizzate all'imposto. Il cantiere in tal caso deve ovviamente prevedere la disponibilità di almeno due o più trattori portanti rimorchi a sponde alte, su cui si riversa il materiale che fuoriesce dal convogliatore a collo d'oca della cippatrice dopo la sminuzzatura.

Foto 2.113. Cippatura a bordo campo tramite cippatrice industriale semovente.

In alternativa la cippatura può essere realizzata direttamente in campo: questa opzione deve prevedere la disponibilità di un *forwarder* dotato di cippatrice e gru di alimentazione incorporate e munito di bocca di alimentazione frontale o laterale (*chipforwarder*). La macchina avanza all'interno dell'arboreto impegnando le piante intere deposte a terra (Foto 2.114), concentrate in piccole cataste o disposte in andana. Col braccio caricatore il mezzo afferra le piante e le inserisce dentro alla bocca della cippatrice: il cippato prodotto viene raccolto nel rimorchio o nel *container* di cui è dotato il mezzo impiegato. Una volta riempito tale contenitore, la macchina si porta a bordo campo per scaricare la biomassa raccolta.

Foto 2.114. Il chipforwarder permette di realizzare la cippatura direttamente in campo.

c) Produzione integrata di legna in pezzi e di legno cippato-

Nel cantiere di raccolta che combina assieme la produzione di pezzi di legna e cippato l'abbattimento si può realizzare mediante una testa abbattitrice-affastellatrice a disco applica-

ta a un minicaricatore tipo Bobcat con cingolatura in gomma oppure tramite una testa abbattitrice a cesoia montata su un trattore agricolo o su un escavatore. Per l'esbosco e il concentramento all'imposto delle piante intere si può ricorrere a un caricatore frontale su pala gommata, a un trattore munito di gru e rimorchio o di pinza-tronchi o a un escavatore munito di pinza-tronchi.
All'imposto, in presenza di una piazzola di adeguata superficie, si posiziona il processore (montato su un escavatore, sul braccio caricatore di un trattore agricolo, oppure su una motrice forestale dedicata) a fianco delle grandi cataste di piante intere create in precedenza: la macchina afferra le piante (Foto 2.115), le srama, le seziona e crea da una parte cumuli di tronchetti e dall'altra mucchi di rami e cimali.

Foto 2.115. Processore all'opera presso un arboreto da biomassa a turno medio.

PRODUTTIVITÀ DEL PROCESSORE

Nel cantiere di raccolta allestito da Veneto Agricoltura nell'autunno del 2006 sull'arboreto da biomassa a turno medio di Rosolina (RO), si sono testate l'efficienza e la produttività di un processore montato su un escavatore: si è osservato come la macchina in questo contesto mediamente riesca a sramare e depezzare circa 70 piante/ora.

La produzione della legna in pezzi a partire dai tronchetti è realizzata da una macchina taglia-spacca legna autonoma o portata da un trattore agricolo; il rimorchio di un secondo trattore collocato a fianco della taglia-spacca raccoglie i ciocchi prodotti (Foto 2.116).

Foto 2.116. Macchina taglia-spacca semovente e trattore con rimorchio che raccoglie i pezzi di legna prodotti.

La cippatura dei mucchi di rami e cimali è eseguita da una cippatrice industriale di medio-grande potenza, semovente e dotata di motore autonomo oppure azionata da un trattore agricolo di potenza di almeno 130 kW. Si deve organizzare il cantiere prevedendo la disponibilità di almeno due o più trattori con rimorchi a sponde alte per supportare l'azione delle grosse cippatrici industriali.

N.B.
Va ricordata l'importanza di eseguire il ribassamento delle ceppaie una volta concluso il cantiere di raccolta, qualora l'operazione del taglio sia stata eseguita mediante una testa abbattitrice a cesoia.

2.5.4 Cantieri di raccolta e prima trasformazione su arboreti specializzati per la produzione di biomassa da energia a turno breve

Le colture specializzate per la produzione di biomassa a turno breve (*Short Rotation Forestry*) negli ultimi anni sono caratterizzate da una crescente diffusione. Questa tendenza è accentuata in tutto il territorio della Pianura Padana: in particolare in Lombardia le amministrazioni pubbliche (soprattutto la Regione) sostengono questo tipo di colture con sforzi molto intensi, nell'intento di fornire prospettive alternative alle coltivazioni agrarie tradizionali (AA.W., 2006 a). Nella maggior parte dei casi si tratta di impianti di pioppo, coltivati e gestiti con pratiche colturali simili a quelle che contraddistinguono le normali colture agricole, anche se in questo contesto il prodotto ottenibile viene destinato a un uso non alimentare ma energetico.
La biomassa ottenibile da queste coltivazioni energetiche rimane sempre un prodotto di scarso valore aggiunto: il successo di queste pratiche dipende dalla possibilità di ottenere forti rese produttive mantenendo bassi i costi. All'interno del processo produttivo la raccolta è una fase molto delicata, dal

momento che prevede l'impiego di attrezzature complesse: è pertanto necessario conseguire un'elevata produttività del lavoro in ogni sua fase, abbattendo i tempi morti e organizzando al meglio tutte le componenti dei cantieri dal punto di vista strutturale e logistico (AA.VV., 2006 a).
La raccolta delle colture da biomassa a turno breve deve essere realizzata solo mediante sistemi di lavoro ad alta efficienza e meccanizzazione, allo scopo di rendere le SRF una coltivazione il più possibile conveniente e sostenibile anche senza l'apporto cospicuo di finanziamenti pubblici: cantieri a bassa meccanizzazione sono del tutto improponibili in realtà colturali di questo tipo.

N.B.
La gestione delle colture a SRF può avvenire in modo sostenibile solo se condotta con criteri agro-industriali. La raccolta si realizza solo mediante cantieri ad alto grado di meccanizzazione; il tipo di prodotto finale che se ne può trarre a scopo energetico è il legno cippato.

A seconda del tipo di modulo colturale che viene seguito (turno annuale, biennale, poliennale) e della grandezza e dello sviluppo raggiunto dalle piante al momento del taglio, si prevede una particolare tipologia di attrezzature utilizzate nella fase della raccolta. Per semplificare al massimo i passaggi del processo produttivo, sempre allo scopo di contenere il più possibile la tempistica e i costi, le fasi dell'abbattimento e della cippatura se possibile devono essere effettuate contemporaneamente dallo stesso mezzo.
Gran parte delle macchine impiegate nella raccolta delle colture di SRF sono specifiche di questa tipologia di sistemi arborei. Molte di esse provengono dall'ambito nordeuropeo, dove la raccolta di questo tipo di impianti è già diffusa da molti anni e ha raggiunto un livello tecnologico molto elevato. A queste macchine già collaudate si affiancano numerosi prototipi in fase di studio e miglioramento, i quali, seppure con risultati estremamente variabili, si propongono di adattarsi alle peculiari condizioni tecniche, logistiche e climatiche che contraddistinguono il territorio della Pianura Padana.
Di seguito si presenta una panoramica dei principali cantieri allestibili per la raccolta delle colture di SRF, distinguendole a seconda del turno seguito nel taglio: turno annuale, biennale, poliennale.

2.5.4.1 Cantieri di raccolta in presenza di colture di SRF a turno annuale

Per la raccolta di fusti e polloni caratterizzati da un solo anno di crescita si impiega una trinciacaricatrice adattata tramite l'applicazione di una testa specifica per questo tipo di colture.
Un sistema di lavoro che trova attualmente grande diffusione è quello proposto dalla Claas (Nati *et al.*, 2006), che prevede l'impiego delle trinciacaricatrici della serie Jaguar con l'applicazione delle punte specializzate e adattate per la biomassa, come ad esempio il recente modello HS-2.
La trinciacaricatrice avanza lungo le file della coltura, abbatte le piante, le cippa immediatamente e scarica il cippato sul rimorchio a sponde alte portato da un trattore che avanza a fianco della macchina stessa (Foto 2.117).

Foto 2.117. Trinciacaricatrice Claas Jaguar in azione in un campo di SRF annuale di pioppo.

Il cantiere deve essere opportunamente programmato prevedendo la disponibilità di un adeguato numero di trattori agricoli con rimorchi a sponde alte, necessari per il carico del cippato prodotto dalla trinciacaricatrice durante il suo lavoro.
La velocità di avanzamento della macchina in fase di raccolta si attesta sui 6 km/ora circa.

2.5.4.2 Cantieri di raccolta in presenza di colture di SRF a turno biennale

Tale tipologia di impianti si colloca in una posizione intermedia tra il modulo annuale e il modulo poliennale e costituisce il contesto più problematico per quanto riguarda l'allestimento del cantiere di raccolta. Fusti e polloni hanno una crescita e una dimensione tali per cui non possono più essere utilizzati dalle trinciacaricatrici impiegate nelle colture annuali, ma il loro sviluppo è ancora troppo ridotto perché sia conveniente impiegare macchine tipicamente forestali.
Dato che questo tipo di coltivazione è stato introdotto di recente nel territorio rurale padano, e i primi impianti giungono solo in questi anni a maturità, i cantieri di raccolta presentano ancora ampi margini di progresso. Nel valutare e predisporre i modelli di lavoro ci si trova infatti nella fase della ricerca e della sperimentazione; le macchine attualmente impiegate

sono in gran parte prototipi che non hanno ancora raggiunto la piena maturità commerciale e possono sicuramente essere perfezionati, andando incontro a notevoli miglioramenti (AA. VV., 2006 a).
Le macchine finora impiegate nella raccolta delle SRF biennali possono essere ascritte a più tipologie:

- abbattitrici per uso vivaistico modificate per l'impiego nelle colture da biomassa: in questa categoria rientrano più macchine e prototipi, come ad esempio il modello messo a punto in passato dall'Isma-Saf o l'abbattitrice SGR;
- pezzatrici: tra esse vanno menzionati il prototipo tedesco LWF proposto dall'Istituto Sperimentale per l'Agricoltura di Monaco e il prototipo prodotto dalla Spapperi;
- trinciacaricatrici: si segnala la macchina prodotta dalla Spapperi per la raccolta delle SRF biennali.

Anche in questo contesto è necessario valutare adeguatamente la disponibilità dei mezzi che supportano le macchine impiegate nella raccolta.
Per quanto riguarda le pezzatrici e le trinciacaricatrici, si deve programmare la presenza di più trattori e rimorchi a sponde alte che seguono la macchina in campo e caricano il cippato o le scaglie più grossolane prodotti durante la raccolta (Foto 2.118).

Foto 2.118. Trinciacaricatrice Spapperi all'opera in una SRF biennale di pioppo.

Per quanto riguarda le abbattitrici, in un secondo momento è necessario l'intervento di un mezzo che realizza l'esbosco e il concentramento a bordo campo dei polloni e dei fusti abbattuti e rimasti sul letto di caduta. Per tale operazione si possono impiegare un trattore agricolo munito di pinza-tronchi oppure dotato di gru e rimorchio; in alternativa è molto conveniente anche il ricorso a un caricatore frontale su pala gommata o a un escavatore di taglia piccola o media munito di pinza-tronchi.
A bordo campo si creano grandi cataste di piante intere: la cippatura è effettuata da una cippatrice industriale di medio-grande potenza, semovente e dotata di motore autonomo oppure azionata da un trattore agricolo di potenza di almeno 130 kW. Devono essere disponibili almeno due o più trattori portanti rimorchi a sponde alte, su cui si carica il cippato prodotto dalla macchina cippatrice.

2.5.4.3 Cantieri di raccolta in presenza di colture di SRF a turno poliennale

La crescita e le dimensioni più elevate delle piante impongono l'allestimento di cantieri più complessi e più tipicamente forestali.
Per la raccolta si possono impiegare diversi tipi di macchine abbattitrici:

- una testa abbattitrice-affastellatrice a disco, applicata a un minicaricatore tipo Bobcat con cingolatura in gomma;
- una testa abbattitrice a cesoia montata su un trattore agricolo o su un escavatore;
- un'abbattitrice combinata mutuata dalla tradizionale pioppicoltura (ad esempio i modelli Timberjack o Keto), applicata a una motrice forestale specializzata o a un escavatore cingolato: tale soluzione si impiega in corrispondenza del primo turno di taglio, in presenza di fusti singoli.

Tutte queste macchine abbattitrici sono in grado di lavorare contemporaneamente su un fronte di più file e concentrano i fusti abbattuti su un'unica andana per agevolare le successive fasi del lavoro. La cippatura delle andane di piante concentrate dalle macchine abbattitrici può essere realizzata:

- tramite una cippatrice semovente dotata di motore autonomo;
- tramite una cippatrice industriale di medio-grande potenza trainata da un trattore agricolo;
- tramite un *chipforwarder*.

Si deve sempre programmare il numero adeguato di trattori e rimorchi su cui scaricare il cippato prodotto per permettere la continuità dell'operazione, senza inutili e costose interruzioni del lavoro.

2.5.5 Cantieri di raccolta e prima trasformazione su boschetti interpoderali campestri

Tali popolamenti generalmente costituiscono una porzione molto ridotta delle superfici delle aziende agricole (raramente la loro estensione supera l'ettaro) e vengono gestiti dagli agricoltori e dai loro familiari con l'impiego di macchine e attrezzature di dotazione aziendale. La produzione ottenibile è destinata principalmente al solo auto-consumo: si tratta di pezzi di legna destinati ad alimentare stufe, caldaie, termocucine o camini presenti in azienda. L'utilizzazione si effettua quando le specie legnose presenti arrivano alla fine del loro periodico turno di crescita, che comunemente si attesta sui 3-4-5 anni.
Per questi motivi in genere la gestione dei boschetti interpode-

rali campestri si basa su cantieri di raccolta a basso livello di meccanizzazione: si allestiscono cantieri semplici dal punto di vista tecnologico e organizzativo, a conduzione familiare, nei periodi dell'anno in cui la manodopera aziendale non è impegnata nelle principali attività dell'azienda agricola.
Molto spesso inoltre le piante di questi boschetti sono governate a capitozza alta (Foto 2.119), per cui tale modalità di gestione impedisce l'introduzione di una meccanizzazione moderna ed efficiente.

Foto 2.119. La ridotta estensione e la forma di governo a capitozza alta in genere impediscono l'allestimento di cantieri ad alta meccanizzazione.

2.5.5.1 Cantieri a basso grado di meccanizzazione

a) Produzione di pezzi di legna

L'abbattimento si esegue per via manuale tramite motosega. La movimentazione e l'allestimento delle piante tagliate avvengono anch'essi manualmente: i fusti e i polloni vengono sramati direttamente sul letto di caduta. Le stanghe risultanti (Foto 2.120) vengono caricate su un rimorchio trainato da un trattore e portate in azienda, dove vengono scaricate presso un apposito sito di stoccaggio: al termine del necessario processo di stagionatura esse subiscono la depezzatura e la riduzione in tondelli mediante una sega a disco o a nastro. Rami e cimali derivanti dall'allestimento invece vengono bruciati in campo oppure sminuzzati direttamente *in loco* mediante un trinciasarmenti portato da un trattore aziendale.

Foto 2.120. Stanghe risultanti dall'abbattimento delle piante di un boschetto interpoderale campestre.

2.5.6 Cantieri di raccolta e prima trasformazione su boschi planiziali naturaliformi

Nei boschi planiziali naturaliformi la raccolta della biomassa viene generalmente effettuata in occasione della realizzazione dei diradamenti: con l'esecuzione di tali interventi si riduce l'eccessiva densità del popolamento e si permette una più idonea crescita degli individui lasciati in piedi.

IL DIRADAMENTO

Il diradamento è un intervento che consiste nella selezione e nel taglio di un certo numero di individui presenti nel bosco, allo scopo di aumentare la stabilità del popolamento e di concentrare l'accrescimento sulle piante lasciate in piedi. Queste ultime infatti possono svilupparsi in modo ottimale, senza essere sottoposte allo stress dovuto alla forte competizione provocata dalla densità troppo elevata del bosco.
I diradamenti si effettuano periodicamente: nei boschi planiziali naturaliformi iniziano generalmente dopo circa 8-10 anni dalla messa a dimora dell'impianto, quando le piante raggiungono dimensioni tali da dar vita a una eccessiva concorrenza reciproca, per cui è necessaria una loro eliminazione selettiva.
I principi che regolano la pianificazione e la realizzazione dei diradamenti sono molteplici; tali interventi possono essere realizzati in modo uniforme sulla superficie dell'intero popolamento o possono interessare solo determinate aree. Nei boschi planiziali naturaliformi i diradamenti si basano su criteri sia naturalistici sia produttivi:

- da una parte si punta a conservare la stabilità e la biodiversità del popolamento, salvaguardando la presenza di determinate specie ritenute di maggior pregio (ad esempio la farnia) rispetto ad altre specie ad accrescimento più veloce (pioppi e salici);
- dall'altra invece si punta a fornire una periodica produzione di biomassa legnosa, destinata a essere immessa sul mercato a fini energetici: in questo modo nel tempo si ottengono regolarmente delle entrate che consentono di sostenere la realizzazione di tali interventi o addirittura permettono di ottenere un guadagno di entità variabile.

Questo tipo di popolamenti infatti è generalmente messo a dimora secondo sesti d'impianto molto fitti e caratterizzati inizialmente da una notevole vicinanza tra loro degli individui presenti (Foto 2.121).

Foto 2.121. La forte densità e l'elevata vicinanza tra le piante condizionano la scelta dei mezzi impiegabili nel cantiere di raccolta.

Questi due aspetti influenzano fortemente la logistica e l'organizzazione del cantiere: anche dopo la realizzazione del diradamento tali boschi rimangono comunque piuttosto fitti, e considerando la ramosità delle piante lasciate in piedi anche in prossimità del suolo, rimane uno spazio molto ridotto nelle interfile per la percorrenza e il transito dei mezzi meccanici impiegati nella fase di esbosco. I problemi maggiori si riscontrano in presenza di boschi naturaliformi di una certa estensione, nei quali il raggiungimento delle aree più interne oggetto di diradamento può risultare piuttosto complicato.
La scelta dei mezzi a cui ricorrere per la movimentazione e l'esbosco delle piante abbattute perciò deve essere valutata con grande attenzione: in molti casi non solo le macchine molto ingombranti ma anche i mezzi di normali dimensioni non sono in grado di entrare in questi popolamenti senza subire danni o senza danneggiare il soprassuolo boschivo.
Si deve pertanto sfruttare il più possibile la viabilità già esistente all'interno del bosco, costituita da un'opportuna rete di strade e piste; qualora questa non sia sufficiente, si devono predisporre apposite linee di esbosco realizzando corridoi strategici (magari sramando le piante ai lati di un'interfila), in modo da creare spazi più ampi per il transito delle macchine.
L'impostazione del cantiere deve inoltre basarsi anche sulla viabilità esterna e prossima ai margini di questi popolamenti. La presenza di strade asfaltate, capezzagne, piste sterrate sufficientemente larghe, oppure di terreni liberi e piazzole di adeguata ampiezza può influenzare la direzione delle linee di esbosco e la scelta dei siti dove effettuare le varie fasi della prima trasformazione. In questi imposti infatti vi sono gli spazi per l'accumulo delle piante oggetto di esbosco e per il posizionamento, il funzionamento e il transito delle macchine coinvolte, dai processori alle cippatrici, dalle macchine taglia-spacca ai mezzi di trasporto che successivamente conferiscono la biomassa prodotta nei luoghi di destinazione finale.

2.5.6.1 Cantieri a basso grado di meccanizzazione

I cantieri a bassa meccanizzazione allestibili per la raccolta della biomassa da un bosco planiziale naturaliforme devono essere sempre caratterizzati da un'accurata organizzazione, per pianificare al meglio le varie fasi del lavoro: in particolare questo vale per quanto riguarda la realizzazione dell'esbosco.

a) Produzione di legna in pezzi

La produzione esclusiva di legna in pezzi si verifica se tra le piante abbattute sono prevalenti gli individui appartenenti a specie legnose dalle quali è possibile ricavare tondelli di buona o ottima qualità (ad esempio olmo, carpino, frassino).
L'abbattimento avviene sempre manualmente e implica l'impiego di due o più operatori muniti di motosega: alcuni effettuano il taglio e altri invece dirigono la caduta delle piante oggetto di taglio, per evitare danni agli individui lasciati in piedi.
L'abbattimento delle piante selezionate deve essere realizzato con grande attenzione: è necessario infatti direzionare la caduta delle piante in modo accurato, non solo per non danneggiare le piante destinate a rimanere in piedi, ma anche allo scopo di facilitare l'esecuzione delle successive fasi dell'allestimento e dell'esbosco.
La sramatura è manuale e si realizza sempre sul letto di caduta delle piante abbattute: rami e cimali sono riuniti in piccole cataste e lasciati *in loco*, all'interno del bosco.
L'esbosco riguarda solo i fusti sramati e può avvenire secondo più modalità:

- mediante l'ausilio di un trattore agricolo munito di verricello;
- qualora vi siano all'interno del bosco appositi corridoi che permettano l'ingresso nel popolamento di mezzi meccanici, si possono impiegare trattori di ingombro e dimensioni ridotte, muniti di piccolo rimorchio o di cassone e sollevatore applicato su cui caricare i tronchi (i minitrattori sono caratterizzati da un ingombro non superiore a 1,5 metri);
- un'ulteriore alternativa è l'impiego delle motocarriole, che essendo mezzi molto compatti e maneggevoli consentono un'ottima manovrabilità anche in spazi ristretti.

Per il concentramento delle piante esboscate, una volta individuati imposti di dimensioni adeguate, si può impiegare un caricatore frontale su pala gommata; in alternativa, qualora tale mezzo non sia disponibile, si può ricorrere a un trattore dotato di gru e rimorchio o a un escavatore munito di pinza-

tronchi. In questo modo si crea una serie di cataste di fusti e polloni sramati, più comodamente impegnabili dalle macchine preposte alle successive fasi del cantiere.
Le stanghe vengono sezionate e ridotte in tondelli tramite una macchina taglia-spacca legna applicata all'attacco a tre punti di un trattore agricolo. In questa fase lavorano due operatori, uno addetto all'azionamento della macchina e l'altro preposto al caricamento dei tronchi sul piano di lavoro. Il materiale depezzato e spaccato è inviato nel convogliatore a nastro e quindi riversato al rimorchio di un secondo trattore agricolo, posto a fianco della macchina taglia-spacca.

b) Produzione di legno cippato
L'abbattimento avviene sempre manualmente e implica l'impiego di due o più operatori muniti di motosega. In questo caso non è necessaria la sramatura sul letto di caduta e le piante abbattute vengono esboscate intere, comprensive di rami e cimali.
Nelle fasi di esbosco e concentramento si impiegano le stesse macchine impiegate per questa operazione nel cantiere preposto alla produzione di sola legna in pezzi.
Per la cippatura si impiega una cippatrice piccola, azionata da un trattore agricolo di potenza pari a circa 75 kW; a fianco della cippatrice all'imposto si posiziona un rimorchio capiente, a sponde alte, dove depositare direttamente il cippato. Per ottimizzare l'azione della cippatrice, evitando di interromperne l'azione, si deve sempre organizzare il cantiere prevedendo la disponibilità di più trattori e rimorchi.
Con l'esbosco e il concentramento delle piante intere si deve creare una serie di cataste di piccole dimensioni (è sconsigliabile concentrare le piante esboscate in poche cataste di grandi dimensioni): il trattore con la cippatrice si sposta lungo la rete di piste o capezzagne che servono il bosco raggiungendo le piccole cataste create nei vari imposti ed esegue la cippatura delle piante intere.

c) Produzione integrata di legna in pezzi e di legno cippato
L'abbattimento è realizzato manualmente da due o più operatori tramite l'uso di motoseghe. Le piante abbattute vengono esboscate intere, comprensive di rami e cimali. Per l'esbosco e il successivo concentramento delle piante esboscate si procede allo stesso modo e con le stesse macchine impiegate nei cantieri finalizzati a produrre solo pezzi di legna o solo cippato.
Si ottengono così più cumuli di piante intere che vengono sramate manualmente da due o più operatori: è sempre opportuno che tali mucchi siano di dimensioni contenute, al fine di ottimizzarne la manipolazione manuale da parte degli operai addetti a questo lavoro.
Al termine dell'allestimento si realizzano cataste separate di stanghe sramate e di rami e cimali:

- le stanghe sono sezionate e ridotte in tondelli tramite una macchina taglia-spacca legna applicata all'attacco a tre punti di un trattore agricolo: i pezzi di legna risultanti sono immessi sul rimorchio di un secondo trattore agricolo affiancato;
- rami e cimali sono cippati da una cippatrice piccola, azionata da un trattore agricolo di 75 kW di potenza; l'azione della cippatrice è supportata dalla presenza di due o più trattori agricoli portanti rimorchi a sponde alte in cui si deposita il cippato prodotto.

2.5.6.2 Cantieri ad alto grado di meccanizzazione
Qualora si intenda allestire un cantiere di raccolta caratterizzato da un alto livello di meccanizzazione, il parco macchine impiegato è completamente diverso.

a) Produzione di legna in pezzi
In questo contesto in genere un cantiere di raccolta ad alto grado di meccanizzazione raramente si propone la produzione esclusiva di legna in pezzi.
La stessa macchina preposta all'abbattimento esegue successivamente anche le operazioni dell'esbosco e del concentramento a bordo bosco. Rami e cimali non vengono lasciati all'interno del popolamento ma si cerca di recuperare e valorizzare tutta la biomassa legnosa oggetto di raccolta.
All'imposto si creano più cataste di piante intere; si può a questo punto optare per due diverse possibilità:

- la produzione esclusiva di legno cippato, sminuzzando le piante intere;
- la produzione combinata di pezzi di legna a partire dai fusti delle piante abbattute (in presenza di specie legnose in grado di fornire legna da ardere di ottima qualità) e di legno cippato a partire dalle ramaglie e dai cimali risultanti come scarto della lavorazione dei pezzi di legna.

b) Produzione di legno cippato
Per la fase dell'abbattimento l'unica opzione possibile è il ricorso all'abbattitrice-affastellatrice a disco, applicata a un minicaricatore tipo Bobcat con cingolatura in gomma. Infatti tale macchina si contraddistingue per un'elevata agilità e leggerezza e, alla luce della sua grande mobilità, costituisce l'unico mezzo in grado di muoversi con facilità all'interno di un popolamento fitto e caratterizzato da una distanza tra le piante spesso piuttosto ridotta (Foto 2.122).

Foto 2.122. L'abbattitrice-affastellatrice a disco su Bobcat si muove assai agevolmente all'interno di popolamenti fitti.

N.B.
L'abbattitrice-affastellatrice a disco su Bobcat sembra essere attualmente la macchina più indicata per l'esecuzione di interventi di diradamento su boschi naturaliformi di pianura, caratterizzati dalla presenza di piante molto ramose e vicine tra loro e da un sesto d'impianto a elevata densità, che impedisce il ricorso ai mezzi normalmente impiegati per il concentramento e l'esbosco.

Una volta effettuato il taglio, il mezzo stesso porta le piante fuori dal popolamento legnoso e procede al loro concentramento in cataste.
La cippatura viene effettuata da una cippatrice industriale di medio-grande potenza, semovente e dotata di motore autonomo oppure azionata da un trattore agricolo di potenza di almeno 130 kW. Tali macchine sono dotate di una gru idraulica e sono in grado auto-alimentarsi, afferrando direttamente le piante costituenti le cataste realizzate all'imposto. Il cantiere in tal caso deve ovviamente prevedere la disponibilità di almeno due o più trattori portanti rimorchi a sponde alte, su cui si riversa il materiale che fuoriesce dal convogliatore a collo d'oca della cippatrice dopo la sminuzzatura.

c) Produzione integrata di legna in pezzi e di legno cippato
Anche in questo caso le operazioni di abbattimento, esbosco e concentramento all'imposto si realizzano per mezzo della testa abbattitrice-affastellatrice a disco, applicata a un mini-caricatore tipo Bobcat con cingolatura in gomma.
Tale mezzo abbatte le piante destinate al diradamento, le esbosca e quindi le concentra all'imposto creando a bordo arboreto un'andana continua o più cataste di piante abbattute.
Se si opta per la produzione combinata di legna in pezzi e cippato, si deve disporre all'imposto di un processore montato, a seconda dei mezzi disponibili, su un escavatore, sul braccio caricatore di un trattore agricolo, oppure su una motrice forestale dedicata. Tale mezzo è in grado di afferrare le piante intere presenti nelle cataste all'imposto, sramarle e sezionarle: successivamente crea cumuli separati di tronchetti di dimensioni più ridotte da una parte e di rami e cimali da un'altra.
La sezionatura e lo spacco dei tronchetti prodotti dal processore per dare pezzi di legna sono realizzati da una macchina taglia-spacca legna semovente o portata da un trattore: i ciocchi prodotti sono inviati nel rimorchio di un secondo trattore agricolo posto a fianco della macchina taglia-spacca.
La cippatura dei mucchi di rami e cimali viene effettuata sempre da una cippatrice industriale di medio-grande potenza, semovente e dotata di motore autonomo oppure azionata da un trattore agricolo di potenza di almeno 130 kW. Anche in questo contesto si deve prevedere la disponibilità di almeno due o più trattori con rimorchi a sponde alte per supportare l'azione delle grosse cippatrici industriali.

2.5.7 Cantieri di raccolta e prima trasformazione per il diradamento delle file intercalari di arboreti specializzati per la produzione di legno da opera

La biomassa destinabile a fini energetici estraibile da questo tipo di popolamenti deriva dal diradamento delle piante ubicate lungo le file intercalari. Questo intervento si realizza generalmente dopo circa 10-12 anni dalla messa a dimora dell'impianto, nel momento in cui la loro presenza inizia a esercitare una competizione eccessiva sulle specie più pregiate presenti nelle file principali dell'arboreto.
Tali impianti sono caratterizzati da un modulo razionale che prevede l'alternanza geometrica e puntuale di più file parallele tra loro (filari principali e filari secondari): questa regolarità facilita l'esecuzione delle operazioni di diradamento, l'allestimento del cantiere di raccolta e la movimentazione dei mezzi impiegati nelle varie fasi del lavoro.
Il parco macchine messo all'opera tuttavia varia in maniera sensibile a seconda del modulo compositivo che contraddistingue le file intercalari.

N.B.
Le file intercalari negli arboreti specializzati per la produzione di legno da opera possono essere realizzate secondo due diverse modalità:
- file intercalari costituite solamente da specie legnose di accompagnamento alle specie principali: in questo caso mediante i diradamenti si effettua un'eliminazione integrale delle piante che costituiscono questi filari;
- file intercalari costituite in parte da specie legnose di accompagnamento e in parte da specie legnose principali: mentre le prime sono destinate al taglio quando si effettuano i diradamenti, le ultime sono lasciate in piedi e come le specie legnose ubicate nelle file principali possono sfruttare i maggiori spazi creati con questi interventi; in questo caso il diradamento si realizza in modo puntiforme.

Mentre in alcuni casi infatti si prevede l'eliminazione di tutte le piante presenti nelle file secondarie, in altre circostanze può cadere al taglio solo una certa quota di individui, localizzati in modo puntiforme lungo i filari. Variando gli spazi creati tra le piante rimaste in piedi, varia anche il tipo di mezzo più idoneo a entrare in campo per l'esecuzione delle varie fasi del lavoro. In questa trattazione per semplicità si affronta solo il caso in cui col diradamento si verifica l'eliminazione completa del soprassuolo costituente le file intercalari (Foto 2.123): nella maggior parte dei casi infatti gli arboreti da legno presentano questa particolare tipologia compositiva.

Foto 2.123. Col diradamento si procede in genere all'eliminazione completa delle piante presenti lungo le file intercalari dell'arboreto.

2.5.7.1 Cantieri a basso grado di meccanizzazione

Il cantiere a basso livello di meccanizzazione si allestisce qualora non si disponga di macchine specializzate e ad alta efficienza.

a) Produzione di legna in pezzi

L'abbattimento è eseguito manualmente da due operatori muniti di motosega: mentre uno effettua il taglio, l'altro dirige e accompagna la caduta delle piante abbattute, evitando di arrecare danni agli individui pregiati delle file adiacenti che vengono lasciati in piedi.

N.B.
L'abbattimento delle piante che costituiscono le file intercalari deve essere realizzato con grande attenzione. È necessario direzionare la caduta delle piante in modo accurato, non solo per non danneggiare le piante delle file principali, ma anche allo scopo di facilitare l'esecuzione delle successive fasi dell'allestimento e dell'esbosco. Le piante infatti devono essere abbattute "a spina di pesce", secondo una direzione longitudinale rispetto all'asse dell'interfila: in questo modo non si sovrappongono le une sopra le altre e i rami di piante diverse non si incrociano tra loro, evitando la creazione di cumuli disordinati e intricati. In seguito gli operai addetti alla sramatura incontrano minori difficoltà nella manipolazione delle piante e le macchine che effettuano l'esbosco procedono in modo più facile e speditivo ad afferrare e portare fuori dal bosco gli individui abbattuti.

In presenza di specie legnose in grado di fornire tondelli di buona o ottima qualità, quali ad esempio olmo, carpino, frassino, il principale prodotto ricavabile dall'intervento di diradamento è la legna in pezzi: le due unità lavorative che hanno effettuato il taglio sramano le piante abbattute direttamente sul letto di caduta. I rami e i cimali risultanti possono essere riuniti in piccole cataste e lasciati lungo le file oggetto di diradamento; in alternativa possono essere disposti in andana lungo le file intercalari e successivamente sminuzzati tramite un trinciasarmenti applicato a un trattore agricolo.
L'esbosco riguarda pertanto solo i fusti sramati: tale operazione può essere effettuata da un solo operaio mediante l'ausilio di un trattore agricolo munito di verricello. In alternativa si può ricorrere all'impiego di un trattore agricolo munito di pinza-tronchi.
I fusti esboscati vengono concentrati in cataste in un apposito imposto a bordo campo mediante il ricorso a un caricatore

frontale su pala gommata, mediante un trattore dotato di gru e rimorchio o di pinza-tronchi o per mezzo di un escavatore munito di pinza-tronchi.
All'imposto si procede alla sezionatura e allo spacco dei fusti in ciocchi mediante l'impiego di una macchina taglia-spacca legna applicata all'attacco a tre punti di un trattore agricolo. Di questa fase si occupano gli stessi due operatori impiegati nelle fasi dell'abbattimento e dell'esbosco. Il materiale depezzato e spaccato è inviato nel convogliatore a nastro e quindi riversato al rimorchio di un secondo trattore agricolo posto a fianco dell'operatrice.

b) Produzione di legno cippato
L'abbattimento è eseguito manualmente da due operatori muniti di motosega. In questo caso non si effettua l'allestimento: qualora dal diradamento si intenda ottenere solo legno cippato, col trattore dotato di verricello o di pinza-tronchi si procede all'esbosco delle piante intere (Foto 2.124), le quali vengono concentrate e radunate in cataste presso appositi imposti a bordo campo con le stesse modalità descritte in precedenza.

Foto 2.124. Esbosco a bordo arboreto delle piante intere con trattore e verricello.

Per l'esecuzione della cippatura si impiega una cippatrice piccola, azionata da un trattore la cui potenza mediamente si aggira sui 75 kW circa. Dietro la cippatrice o al suo fianco si posiziona un rimorchio capiente, dove si deposita direttamente il cippato prodotto. Per ottimizzare l'azione della cippatrice, evitando di interromperne l'azione, si deve sempre organizzare il cantiere prevedendo la disponibilità di almeno due o più trattori e rimorchi a sponde alte.
Dato che l'alimentazione delle piccole cippatrici avviene sempre manualmente, è da tenere presente l'accorgimento di non realizzare al momento dell'esbosco cataste eccessivamente grandi e intricate.

c) Produzione integrata di legna in pezzi e di legno cippato
L'abbattimento è realizzato manualmente da due o più operatori muniti di motoseghe. Le piante abbattute vengono esboscate intere, comprensive di rami e cimali. Per l'esbosco e il successivo concentramento delle piante esboscate si procede impiegando trattori muniti di verricello, gru e rimorchio o di pinza-tronchi, escavatori muniti di pinza-tronchi, oppure caricatori frontali su pala gommata.
Si ottengono così più cumuli o lunghe andane di piante intere che vengono sramate manualmente da due o più operatori: è sempre opportuno che tali mucchi siano di dimensioni contenute, al fine di ottimizzarne la manipolazione manuale da parte degli operai addetti al lavoro.
Al termine dell'allestimento si realizzano cataste separate di stanghe sramate e di rami e cimali:

- le stanghe sono sezionate e ridotte in tondelli tramite una macchina taglia-spacca applicata all'attacco a tre punti di un trattore agricolo: i pezzi di legna risultanti sono immessi sul rimorchio di un secondo trattore agricolo posizionato a fianco della macchina taglia-spacca;
- rami e cimali sono cippati mediante una cippatrice piccola, trainata da un trattore agricolo di 75 kW di potenza; l'azione della macchina è supportata dalla presenza di due o più trattori agricoli portanti rimorchi a sponde alte in cui si deposita il cippato prodotto.

2.5.7.2 Cantieri ad alto grado di meccanizzazione

a) Produzione di legna in pezzi
Anche nel diradamento delle file intercalari degli arboreti specializzati per la produzione di legno da opera, qualora si intenda allestire un cantiere di raccolta ad alto grado di meccanizzazione, molto difficilmente si propende per la produzione esclusiva di legna in pezzi. In genere infatti si tende a recuperare e valorizzare tutta la biomassa derivante dal diradamento e si opta per la produzione esclusiva di legno cippato o per la produzione integrata di pezzi di legna e di cippato.

b) Produzione di legno cippato
L'abbattimento può essere eseguito ricorrendo a soluzioni diverse. Si possono infatti impiegare:

- una testa abbattitrice-affastellatrice a disco applicata a un minicaricatore tipo Bobcat con cingolatura in gomma (Foto 2.125);
- una testa abbattitrice a cesoia montata su un trattore agricolo o su un escavatore;
- una testa abbattitrice con sega a catena montata su un escavatore leggero o di taglia media.

Foto 2.125. Abbattitrice a disco su Bobcat: diradamento di un arboreto da legno.

Le varie macchine abbattitrici tagliano le piante e le concentrano in piccole cataste di 5-8 pezzi, in modo tale da facilitare il successivo esbosco, realizzato tramite un trattore agricolo munito di pinza posteriore da strascico (Foto 2.126). In alternativa si può ricorrere a un trattore dotato di verricello.

Foto 2.126. Esbosco tramite trattore munito di pinza-tronchi.

Il concentramento delle piante intere in grandi cataste è realizzato mediante un caricatore frontale su pala gommata (se disponibile), con un trattore dotato di gru e rimorchio o pinza-tronchi o eventualmente con un escavatore munito di pinza-tronchi.
La cippatura viene eseguita a bordo campo: le macchine utilizzate sono cippatrici industriali di medio-grande potenza, dotate di motore autonomo oppure azionate da un trattore di potenza di almeno 130 kW. Il materiale prodotto dalla sminuzzatura viene caricato su rimorchi a sponde alte portati da trattori agricoli posizionati all'imposto a fianco della cippatrice stessa.

c) Produzione integrata di legna in pezzi e di legno cippato

L'operazione di abbattimento può essere realizzata ricorrendo a vari tipi di mezzi:

- una testa abbattitrice-affastellatrice a disco applicata a un minicaricatore tipo Bobcat con cingolatura in gomma;
- una testa abbattitrice a cesoia montata su un trattore agricolo o su un escavatore;
- una testa abbattitrice con sega a catena montata su un escavatore leggero o di taglia media.

Foto 2.127. Concentramento all'imposto con escavatore munito di pinza-tronchi.

L'esbosco è realizzato tramite un trattore agricolo munito di pinza posteriore da strascico o in alternativa con un trattore dotato di verricello; il concentramento all'imposto delle piante intere in grandi cataste è effettuato mediante un caricatore frontale su pala gommata, con un trattore dotato di gru e rimorchio o di pinza-tronchi, o con un escavatore munito di pinza-tronchi (Foto 2.127).
All'imposto il processore (montato su escavatore, trattore agricolo oppure motrice forestale dedicata) afferra le piante intere presenti nelle cataste, le srama, le seziona e crea da una parte cumuli di tronchetti e dall'altra mucchi di rami e cimali.
La produzione della legna in pezzi a partire dai tronchetti è realizzata da una macchina taglia-spacca legna autonoma o portata da un trattore agricolo; il rimorchio di un secondo trattore posizionato a fianco della macchina taglia-spacca raccoglie i ciocchi prodotti.
I mucchi di rami e cimali vengono cippati da una cippatrice industriale di medio-grande potenza, semovente e dotata di motore autonomo oppure azionata da un trattore agricolo di potenza di almeno 130 kW (Foto 2.128). Anche in questo contesto si deve prevedere la disponibilità di almeno due o più trattori con rimorchi a sponde alte per supportare l'azione delle cippatrici industriali.

Foto 2.128. Cippatrice medio-grande in azione a bordo arboreto.

2.5.8 Cantieri di raccolta e prima trasformazione su boschi cedui collinari, pedemontani o montani

Nella scelta delle attrezzature da impiegare nelle fasi di raccolta e prima trasformazione della biomassa legnosa presso i boschi cedui collinari, pedemontani e montani, i principali fattori da considerare riguardano le caratteristiche geo-morfologiche e stazionali del sito in cui si allestisce il cantiere:

- la pendenza del terreno;
- l'accidentalità del versante;
- la viabilità dell'area interessata.

Prima di procedere al taglio di una particella boschiva è fondamentale eseguire delle operazioni e delle valutazioni preliminari allo scopo di rendere razionale la successiva fase di utilizzazione. In particolare sono due gli ambiti su cui soffermarsi con maggiore attenzione (Spezzati e Tullio, 2002):

- la pianificazione dell'intervento;
- la verifica e la sistemazione delle vie di accesso, esbosco e prima trasformazione.

Con la pianificazione dell'intervento di utilizzazione si decidono le modalità con cui procedere nell'abbattimento (da quale punto partire, in quali direzioni spostarsi all'interno della particella oggetto di taglio). Nella maggior parte dei casi si parte da valle e si prosegue verso monte entro la particella, tagliando a strisce lungo le curve di livello. Qualora l'orografia e le caratteristiche stazionali invece siano piuttosto difficili e complesse, si procede nel taglio assecondando l'andamento naturale del sito.

La verifica e la sistemazione delle vie di accesso, esbosco e prima trasformazione invece devono essere effettuate per decidere per quali sistemi di lavoro optare nell'allestimento del cantiere di raccolta. Valutando la larghezza, la pendenza e la percorribilità di tali vie si riesce a comprendere quali mezzi meccanici adottare (Spezzati e Tullio, 2002) e quali invece escludere perché non idonei alle peculiari condizioni osservate nella particella in questione.

Un altro fattore molto importante da non trascurare è infine la presenza o meno, all'interno del bosco o ai suoi bordi, di imposti sufficientemente spaziosi e serviti in maniera adeguata dalle piste o dalle strade forestali che caratterizzano l'area. L'esistenza di piazzole comode e anche la loro grandezza e ubicazione possono influenzare la tempistica delle operazioni di raccolta e la tipologia di cantieristica che si intende adottare.

Come nell'ambito dei sistemi di lavoro allestibili presso gli impianti legnosi ubicati in pianura, anche nella raccolta di biomassa da un bosco ceduo collinare, pedemontano o montano si possono distinguere due diverse modalità di cantieri:

- cantieri caratterizzati da un alto grado di meccanizzazione;
- cantieri caratterizzati da un basso livello di tecnologia.

I mezzi meccanici impiegabili nei due differenti contesti variano a seconda:

- delle condizioni orografiche e stazionali;
- della disponibilità economica dell'impresa che cura l'intervento di abbattimento, esbosco e successiva trasformazione;
- del tipo di filiera in cui si opera: produzione esclusiva di legna in pezzi, produzione esclusiva di legno cippato, produzione combinata sia di legna in pezzi sia di cippato.

Il tipo di prodotto che si intende ricavare influenza anche la tipologia di materiale che si esbosca dal letto di caduta all'imposto: nelle varie situazioni infatti si possono portare fuori dal bosco piante intere o già sramate.

Di seguito, a fronte di una grande varietà di sistemi di lavoro esistenti, si propongono a scopo esemplificativo due modelli di cantieri di raccolta operanti in un bosco ceduo: uno caratterizzato da una bassa tecnologia ed efficienza e uno invece a più alta meccanizzazione.

2.5.8.1 Cantieri a basso grado di meccanizzazione

In questo contesto l'abbattimento viene effettuato manualmente da una squadra di due o più operai per mezzo di motoseghe. Mentre alcuni tagliano i fusti alla base, altri spingono le piante nella direzione di caduta prescelta, per non danneggiare il soprassuolo che va lasciato in piedi. Il corretto direzionamento dell'abbattimento e della caduta delle piante è molto importante nell'influenzare e facilitare l'esecuzione delle successive fasi dell'allestimento e del concentramento. Gli operai addetti al taglio devono essere equipaggiati con motoseghe professionali di media potenza; per l'abbattimento direzionato si possono impiegare leve speciali per l'abbattimento e lo spostamento dei tronchi oppure slittini in plastica (Foto 2.129), ad esempio modello *Fallboy* (Spinelli *et al.*, 2004).

Foto 2.129. L'uso dello slittino può agevolare l'abbattimento direzionato dei tronchi.

Qualora dal cantiere di raccolta si intenda ottenere solo legna in pezzi, direttamente sul letto di caduta si può procedere all'operazione dell'allestimento, che consiste nella sramatura dei fusti, con eliminazione di rami e cimali, e nella loro successiva riduzione in tronchetti di lunghezza variabile (1-2 metri nei vari casi).

La sramatura delle piante abbattute viene effettuata dagli stessi operai che hanno realizzato il taglio: tale operazione è eseguita sempre manualmente, con l'ausilio di motoseghe. Rami e cimali vengono disposti in piccoli mucchi al di fuori delle piste di strascico e concentramento e vengono lasciati in bosco. I fusti sramati invece vengono riuniti in fastelli di numero variabile (mediamente 3-10 pezzi). I fastelli vengono generalmente orientati secondo un certo angolo e una certa direzione rispetto alle piste di strascico, in modo da facilitare la loro successiva movimentazione, evitando di danneggiare il soprassuolo rimasto in piedi.

Il concentramento dei fusti sramati può avvenire manualmente oppure con l'ausilio di un verricello. Nel primo caso si può seguire ad esempio la tecnica dell'avvallamento libero: i tronchi o i tronchetti precedentemente allestiti vengono lanciati o fatti scivolare sul terreno in pendenza, sfruttando l'orografia esistente per agevolare il lavoro. Nel secondo caso invece i fastelli vengono concentrati per mezzo di un verricello montato su un trattore forestale, oppure su un trattore agricolo versione forestale. Questa attrezzatura infatti consente di avvicinare contemporaneamente più fastelli, anche qualora essi non siano allineati lungo la stessa direzione di concentramento, e si dimostra particolarmente utile in presenza di un soprassuolo a densità elevata.

L'operazione in questa circostanza è svolta da due persone: un operaio funge da trattorista e aziona il verricello, mentre l'altro segue lo spostamento dei fastelli, facilitando il superamento di eventuali ostacoli che si possono frapporre durante la loro movimentazione. Spesso per agevolare il concentramento si rende necessario l'impiego di più carrucole di rinvio o di scudi in vetroresina da porre sotto l'estremità dei fastelli.

Il trattore deve essere appositamente allestito con la necessaria serie di dispositivi e adattamenti per l'impiego forestale: cabina di sicurezza con strutture di rinforzo, protezioni su tutte le parti suscettibili di danno, zavorre anteriori per aumentarne la stabilità. Spesso si impiegano mezzi cingolati; una potenza di almeno 40-50 kW si ritiene sufficiente per questo tipo di operazione.

Anche la successiva fase dell'esbosco può prevedere molteplici modalità di esecuzione. Nella maggior parte dei casi si ricorre all'impiego del verricello, realizzando con lo stesso mezzo sia il concentramento sia il successivo esbosco. Dopo essere stati concentrati presso il trattore, i fastelli vengono esboscati lungo le piste forestali presenti nella particella oggetto del cantiere (Foto 2.130).

Una volta percorsa la pista di esbosco, giunto all'imposto ed effettuato lo scarico, il trattore munito di verricello si avvia di nuovo verso il luogo di carico; nel frattempo l'operaio aiutante ha individuato nuove vie di concentramento,

Foto 2.130. Esbosco con verricello lungo una pista forestale.

pulendole dagli ostacoli, e ha preparato i nuovi fastelli da esboscare.

Un'altra modalità di esbosco si basa su percorsi artificiali temporanei, costituiti da apposite strutture dette canalette o risine: si tratta di tubi di plastica tagliati per lungo che vengono uniti tra loro con speciali ganci in acciaio attraverso appositi occhielli predisposti (Iorio, 1999). Le risine si impiegano quando la pista di esbosco si trova a valle. La loro disposizione è sempre funzionale alla pendenza del terreno: collegate tra loro, esse formano un tracciato che segue la linea della massima pendenza, al cui interno scorrono i fusti precedentemente allestiti e concentrati.

Una volta giunti presso la piazzola all'imposto, i tronchetti vengono raccolti e accatastati a bordo strada; qualora in bosco non si sia realizzato l'allestimento, i fusti vengono sezionati in pezzi più corti per via manuale tramite motoseghe.

Il cantiere di raccolta a questo punto può prevedere due diverse opzioni, a seconda della grandezza della piazzola d'imposto e della sua comodità:

- se l'imposto infatti non è sufficientemente ampio da permettere lo stazionamento di più mezzi, la trasformazione della biomassa viene realizzata altrove, vale a dire presso il piazzale di lavorazione e stoccaggio attorno a cui gravita l'intera piattaforma produttiva;
- se invece la piazzola si rivela grande e comoda e permette la presenza e il transito contemporaneo di più macchine e attrezzature, vi si effettua direttamente la fase della prima trasformazione.

Nel primo caso i tronchi o i tronchetti vengono caricati su un trattore munito di un rimorchio posteriore sufficientemente capiente: in tal modo si provvede al trasporto del materiale legnoso dall'imposto al piazzale centrale di lavorazione.

Nel secondo caso invece si procede alla sezionatura e alla riduzione in ciocchi mediante l'impiego di una macchina taglia-spacca legna applicata all'attacco a tre punti di un trattore agricolo. Il materiale depezzato e spaccato viene inviato nel convogliatore a nastro e quindi riversato nel rimorchio di

un secondo trattore posto a fianco dell'operatrice, che poi provvede al trasporto dall'imposto al piazzale di stoccaggio.
In alcune circostanze il cantiere di raccolta prevede anche la fase della cippatura, qualora si decida di non abbandonare residui in bosco, per evitare il rischio di innesco di incendi. Con la cippatura di rami e cimali si riesce a recuperare almeno il 20% di biomassa: in tal caso si procede al concentramento e all'esbosco delle piante intere, rimandando la fase di allestimento all'imposto, dove può essere effettuata con mezzi a più alta meccanizzazione e in spazi più ampi e comodi.
Il concentramento e l'esbosco pertanto si effettuano o con una linea di risine oppure, nella maggior parte dei casi, con un trattore munito di verricello forestale.
Una volta giunto all'imposto, il materiale viene scaricato; anche in questo caso l'ampiezza e la comodità del sito influenzano la successione sequenziale delle varie fasi del cantiere.
In presenza di imposti piccoli e scomodi, le piante intere sono caricate sul rimorchio di un trattore agricolo che successivamente le trasporta al piazzale di lavorazione. Qualora la piazzola si riveli sufficientemente spaziosa per la presenza di più mezzi, si possono prevedere due diverse soluzioni:

- produzione esclusiva di legno cippato;
- produzione integrata di pezzi di legna, a partire dai fusti sramati, e di legno cippato, a partire dalla sminuzzatura di rami e cimali (Foto 2.131).

Foto 2.131. Cippatura all'imposto di rami e cimali.

Se si opta per la produzione esclusiva di legno cippato, si ricorre a una cippatrice piccola, trainata da un trattore la cui potenza mediamente si aggira sui 75 kW circa; a fianco della cippatrice viene posizionato un rimorchio capiente, a sponde alte, dove si deposita direttamente il cippato. Per ottimizzare l'azione della cippatrice, evitando di interromperne l'azione, si deve sempre organizzare il cantiere prevedendo la disponibilità di più trattori e rimorchi.
Se si opta per una produzione mista di legna in pezzi e legno cippato, le piante intere vengono sramate manualmente tramite motosega. Successivamente si riscontrano due diverse linee di lavorazione:

- i rami e i cimali derivanti dall'allestimento vanno incontro a cippatura (con l'ausilio di una cippatrice piccola) e il cippato risultante viene riversato sul rimorchio di un trattore posto a fianco della cippatrice;
- i fusti sono depezzati in tronchetti che poi vengono sezionati e spaccati per dare pezzi di legna mediante una macchina taglia-spacca legna applicata a un trattore agricolo: i ciocchi risultanti vengono caricati sul rimorchio di un secondo trattore agricolo posto a fianco dell'operatrice.

2.5.8.2 Cantieri ad alto grado di meccanizzazione

In presenza di condizioni orografiche difficili quali quelle che caratterizzano molte aree collinari, pedemontane e montane (tra cui ad esempio gran parte del comprensorio dei Colli Euganei nel Padovano, di cui si è accennato in precedenza), la fase dell'abbattimento non può essere oggetto di miglioramenti o grandi trasformazioni. La pendenza e l'orografia dei versanti infatti non consentono di introdurre macchine specializzate e caratterizzate da elevata tecnologia, con conseguente maggiore produttività.
Il taglio può essere realizzato solo manualmente, ricorrendo al lavoro di una squadra di due o più operai muniti di motoseghe e altri dispositivi (slittini in plastica, leve per direzionare e facilitare l'abbattimento). Successivamente al taglio, in bosco si può procedere all'allestimento (sempre manuale) e alla sramatura e depezzatura, anche se molto spesso si procede all'esbosco di piante intere e l'allestimento viene effettuato all'imposto.
L'innovazione riguarda pertanto l'allestimento e l'organizzazione delle successive fasi del sistema di lavoro: il concentramento, l'esbosco e la prima trasformazione della biomassa legnosa estratta.
Un cantiere specializzato si può basare per il concentramento e l'esbosco sull'impiego di una gru a cavo leggera con stazione motrice mobile, montata su una strada o su una pista forestale e ubicata a monte della particella oggetto di utilizzazione. Generalmente infatti questo tipo di teleferiche sono mezzi che funzionano su terreni in pendenza e per esbosco in salita, ma oggi esistono modelli più sofisticati che sono in grado di esboscare anche in piano o addirittura verso valle, in discesa (Iorio, 1999). A fianco della sede stradale, nel sito presso cui viene

collocata la gru a cavo, si ripulisce il terreno dalla vegetazione eventualmente presente e si allestisce una piazzola di dimensioni tali da permettere il transito dei mezzi di servizio e la manipolazione del legname concentrato (Foto 2.132).

Foto 2.132. All'imposto si allestisce una piazzola ampia e comoda per permettere il lavoro degli altri mezzi presenti nel cantiere.

La stazione motrice mobile può essere montata su trattore, rimorchio o camion oppure può essere munita di motore autonomo ed è caratterizzata da una torretta pieghevole: essa viene sempre opportunamente controventata e ancorata. L'impianto è generalmente di tipo bifune, costituito da una fune portante fissa e una fune traente sulla quale scorre il carrello presso cui vengono agganciati i fastelli di fusti e piante intere.
La squadra preposta a questa operazione è composta da tre o quattro unità lavorative: un operaio arganista è posto al comando della stazione motrice e un altro procede allo sgancio del carico una volta giunto all'imposto; due persone in bosco invece si dedicano a concentrare le piante intere o i fusti sramati e a riunirli nei fastelli che vengono agganciati al carrello della gru a cavo.
Rispetto all'esbosco con verricello, le gru a cavo hanno un raggio d'azione più vasto e i carichi di legname esboscati vengono sospesi invece di essere strascicati sul terreno (Spinelli, 2003); questo sistema di lavoro, essendo caratterizzato da un più alto livello di meccanizzazione e tecnologia, richiede una maggiore professionalità della manodopera e una più accurata organizzazione dell'intero processo produttivo.
Una volta giunti in prossimità della piazzola di arrivo, i fastelli vengono sganciati e vanno incontro alle successive fasi del lavoro. Anche in questo frangente il cantiere può essere organizzato diversamente, a seconda della grandezza e della comodità della piazzola d'imposto e del tipo di prodotto finale che si intende ricavare.
In presenza di spazi idonei, le fasi della prima lavorazione della biomassa legnosa possono infatti essere realizzate direttamente all'imposto; qualora questo non sia possibile, il materiale esboscato viene caricato su rimorchi condotti da trattori e trasportato al piazzale di lavorazione della piattaforma produttiva, dove viene sottoposto alle successive trasformazioni.
Nel caso in cui una prima lavorazione venga eseguita direttamente all'imposto, si possono distinguere due diverse situazioni a seconda della filiera in cui si opera:

- se si intende procedere alla cippatura integrale delle piante abbattute, l'operazione viene effettuata da una cippatrice industriale di medio-grande potenza, semovente e dotata di motore autonomo oppure trainata da un trattore (Foto 2.133); il cantiere in tal caso prevede ovviamente la disponibilità di più rimorchi a sponde alte portati da trattori su cui riversare il materiale che fuoriesce dalla cippatrice;
- se invece si opta per la produzione combinata di legna in pezzi e cippato, si deve disporre anche di un processore, in grado di sramare e sezionare le piante abbattute in tronchetti di dimensioni più ridotte.

Foto 2.133. Cippatura all'imposto con una cippatrice industriale.

La sezionatura e lo spacco dei tronchetti prodotti dal processore per dare pezzi di legna sono realizzati per mezzo di una macchina taglia-spacca legna: tale operazione può avvenire o direttamente all'imposto (se vi è lo spazio necessario) o nel piazzale di lavorazione e stoccaggio della piattaforma produttiva. Il trasporto dei tronchetti dal sito di svolgimento del cantiere di raccolta al piazzale di lavorazione in questo caso avviene mediante un trattore agricolo o forestale dotato di pinza caricatrice e rimorchio.
I rami e i cimali derivanti dall'azione del processore possono essere successivamente destinati a cippatura: ciò si verifica se le ramaglie prodotte costituiscono quantitativi rilevanti, per cui può essere vantaggioso il loro recupero.