



Organizzazione delle Nazioni
Unite per l'alimentazione
e l'agricoltura



REGIONE DEL VENETO

LA RACCOLTA MECCANIZZATA DEL PIOPPO



MANUALE DI CAMPO

Stefano Verani, Giulio Sperandio, Rodolfo Picchio, Raffaele Spinelli, Gianni Picchi

AUTORI

Stefano Verani

Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura (CRA)
Unità di Ricerca per le produzioni legnose fuori foresta
Sede distaccata di Roma
Via Valle della Quistione, 27 - 00166 Roma
Tel. 06 61571021 - Fax 06 61571030
e-mail: stefano.verani@entecra.it

Giulio Sperandio

Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura (CRA)
Unità di Ricerca per l'ingegneria agraria
Via della Pascolare, 16 - 00016 Monterotondo (Roma)
Tel. 06 90675218 - Fax 06 90625591
e-mail: giulio.sperandio@entecra.it

Rodolfo Picchio

Università degli Studi della Tuscia
Dipartimento di scienze e tecnologie per l'Agricoltura, le Foreste, la Natura e l'Energia (DAFNE)
Via San Camillo de Lellis snc - 01100 Viterbo
Tel. 0761 357400 - Fax 0761 357250
e-mail: r.picchio@unitus.it

Raffaele Spinelli

Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)
Istituto per la Valorizzazione del Legno e delle Specie Arboree
Via Madonna del Piano, 10 - 50019 Sesto Fiorentino (FI)
Tel. 055 5225641 - Fax 055 5225 643
e-mail: spinelli@ivalsa.cnr.it

Gianni Picchi

Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)
Istituto per la Valorizzazione del Legno e delle Specie Arboree
Via Madonna del Piano, 10 - 50019 Sesto Fiorentino (FI)
Tel. 055 5225737 / 0461 660232
e-mail: picchi@ivalsa.cnr.it

Ringraziamenti:

Gli Autori ringraziano il Dott. Pietro Gallo ed il sig. Luigi Sandoletti dell'Università degli Studi della Tuscia, per la collaborazione prestata in varie fasi di questo progetto.



LA RACCOLTA MECCANIZZATA DEL PIOPPO

MANUALE DI CAMPO

Stefano Verani, Giulio Sperandio, Rodolfo Picchio, Raffaele Spinelli, Gianni Picchi



Traduzione del testo originale a cura degli Autori

L'opera originaria è stata pubblicata in inglese dalla FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations* – Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Agricoltura e l'Alimentazione), con il titolo: "*International Poplar Commission Thematic Papers, Working paper IPC/8. Field handbook – Poplar harvesting*". L'edizione italiana è stata curata dalla Regione del Veneto, Sezione Parchi, Biodiversità, Programmazione silvopastorale e Tutela Consumatori. In caso di difformità farà fede il testo della versione originale.

Le definizioni utilizzate e la presentazione di prodotti in questa pubblicazione informativa, non comportano l'espressione di alcuna opinione dell'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Alimentazione e l'Agricoltura (FAO) sullo status giuridico o di sviluppo di qualsiasi Paese, territorio, centro abitato o superficie o sulle sue Autorità, o riguardante la delimitazione di frontiere o confini. La citazione di specifiche aziende o prodotti, con o senza brevetto, non implica che essi siano stati approvati o raccomandati dalla FAO rispetto ad altri non menzionati, con caratteristiche simili. Le opinioni espresse in questa pubblicazione informativa sono degli Autori e non riflettono necessariamente le opinioni o le politiche della FAO.

Coordinamento dell'edizione italiana: Martina Lucon e Roberto Zampieri, Regione del Veneto.

© Regione del Veneto, Sezione Parchi, Biodiversità, Programmazione Silvopastorale e Tutela dei Consumatori, 2014 (traduzione in italiano)

© FAO, 2008 (edizione inglese)

ISBN 978-88-908313-4-8

Realizzazione editoriale

Veneto Agricoltura - Azienda Regionale per i Settori Agricolo, Forestale e Agro-Alimentare
Edizioni MB

Finito di stampare nel mese di ottobre 2014 presso Papergraf Srl - Via della Resistenza, 18 - 35016 Piazzola sul Brenta (PD)

Distribuzione:

Regione del Veneto – Sezione Parchi, Biodiversità, Programmazione Silvopastorale e Tutela dei Consumatori
Via Torino, 110 – 30172 Mestre Venezia
Tel. 041 2795468/5467; fax 041 2795461; e-mail: parchibiodiversita@regione.veneto.it

La pubblicazione è disponibile anche sui siti web della Regione del Veneto <http://www.regione.veneto.it/web/agricoltura-e-foreste/pubblicazioni-online> e di Veneto Agricoltura <http://www.venetoagricoltura.org/content.php?IDSX=23&SIDSX=109>

È consentita la riproduzione di testi, foto, disegni e tabelle previa autorizzazione della Regione del Veneto.



INDICE

PRESENTAZIONE.....	pag.	5
PREFAZIONE.....	»	6
PREMESSA.....	»	7
IL CANTIERE.....	»	8
L'ABBATTIMENTO E L'ALLESTIMENTO NELL'UTILIZZAZIONE TRADIZIONALE.....	»	9
L'abbattimento semimeccanico: esecuzione del lavoro.....	»	9
L'allestimento semimeccanico: esecuzione del lavoro.....	»	10
<i>La sramatura.....</i>	»	10
<i>La sezionatura.....</i>	»	10
Prevenzione e sicurezza.....	»	11
L'ABBATTIMENTO E L'ALLESTIMENTO NELL'UTILIZZAZIONE AVANZATA E SPINTA.....	»	12
La testa abbattitrice.....	»	12
L'abbattimento meccanico: esecuzione del lavoro.....	»	12
L'abbattimento e l'allestimento meccanico: esecuzione del lavoro.....	»	13
Prevenzione e sicurezza.....	»	15
L'ESBOSCO E IL CARICO DEL MATERIALE.....	»	15
L'esbosco nell'utilizzazione tradizionale.....	»	16
<i>Il trattore.....</i>	»	16
<i>Il verricello forestale.....</i>	»	17
<i>L'esecuzione del lavoro.....</i>	»	17
<i>Il rimorchio.....</i>	»	18
<i>L'esecuzione del lavoro.....</i>	»	19
Prevenzione e sicurezza.....	»	19
L'esbosco nell'utilizzazione avanzata e spinta.....	»	19
<i>Il forwarder.....</i>	»	20
<i>L'esecuzione del lavoro.....</i>	»	20
<i>Lo skidder.....</i>	»	21
<i>L'esecuzione del lavoro.....</i>	»	21
Prevenzione e sicurezza.....	»	22
LA SMINUZZATURA.....	»	22
La sminuzzatrice.....	»	22
<i>L'esecuzione del lavoro.....</i>	»	23
CONSIDERAZIONE GENERALI SUI SISTEMI DI LAVORO.....	»	23
L'ESTRAZIONE DEGLI APPARATI RADICALI.....	»	25
Prime esperienze nell'estrazione degli apparati radicali.....	»	25
L'estrazione di radici in pioppicoltura.....	»	26
LE NUOVE TECNICHE DI COLTIVAZIONE: PIOPPI PER BIOMASSA E CELLULOSA.....	»	28
La raccolta dei cedui a turno breve di pioppo.....	»	29
I sistemi in uso.....	»	30
Gli aspetti pratici.....	»	32
<i>La scelta del sito.....</i>	»	33
<i>Lo schema della piantagione.....</i>	»	33
<i>Le capezzagne.....</i>	»	34
<i>La lunghezza delle file e la larghezza delle interfile.....</i>	»	34
LA RACCOLTA DELLE "PIANTAGIONI DA FIBRA" O DI CEDUO A TURNO MEDIO.....	»	35
Sistemi di raccolta nel Nord America.....	»	35
Altre esperienze.....	»	37
BIBLIOGRAFIA CONSULTATA.....	»	39



PRESENTAZIONE

La pioppicoltura, eccellenza del nostro Paese riconosciuta a livello internazionale, permette di conseguire molteplici funzioni non solo di carattere produttivo, ma anche ecologico ed ambientale. Tra queste ultime basti ricordare l'assorbimento di anidride carbonica, con bilancio positivo e la fissazione del carbonio nei tessuti legnosi degli assortimenti prodotti, l'azione di fitorimediazione, per il disinquinamento dell'acqua e del suolo, la difesa dall'erosione dei terreni, la valorizzazione del paesaggio agricolo.

In molti Paesi del mondo la coltivazione del pioppo rappresenta un'importante fonte di produzione di materia prima per l'industria e così anche in Italia, dove costituisce una risorsa interna fondamentale per la produzione di legname di elevata qualità destinato a vari usi, se si considera che oltre un terzo del tondo di origine nazionale lavorato dalle imprese operanti nella filiera legno-arredo, proviene da una superficie che occupa meno dell'1% di quella coperta dalle foreste. Nella filiera legno-arredamento il pioppo costituisce inoltre un'importante fonte occupazionale e contribuisce al saldo attivo della bilancia commerciale.

Nonostante questi aspetti positivi, da circa quindici anni la pioppicoltura sta subendo una profonda crisi strutturale, determinata da una consistente diminuzione delle superfici coltivate. Al fine di contrastare questo declino, anche la Regione del Veneto è impegnata ad attuare, in collaborazione con le altre Regioni pioppicole, una politica di incentivazione, basata sugli obiettivi dello Sviluppo rurale dell'Unione europea, attuata mediante gli specifici Programmi (PSR). È in tale direzione che le Regioni Emilia Romagna, Friuli Venezia Giulia, Lombardia, Piemonte e Veneto, Coldiretti, Confederazione italiana Agricoltori, Confagricoltura, Assocarta, Associazione pioppicoltori italiani, Federlegno Arredo e Unità di Ricerca per le Produzioni legnose Fuori Foresta del Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, hanno sottoscritto il 29 gennaio 2014 a Venezia un'Intesa per lo sviluppo della filiera del pioppo.

Contribuisce a qualificare il settore anche questo Manuale sulla raccolta meccanizzata, tradotto dal documento di lavoro IPC/8 della Commissione internazionale del pioppo della FAO, con lo scopo di favorire la diffusione tra tutti i portatori di interesse delle conoscenze più recenti sulle moderne tecniche e tecnologie impiegate, al fine di migliorare la sicurezza sul lavoro, la produttività e la qualità degli assortimenti ricavati. La pubblicazione è stata realizzata nell'ambito della Misura 511 (Assistenza tecnica), Azione Informazione, del Programma di sviluppo rurale del Veneto 2007-2013.

Mi è particolarmente gradito ringraziare i qualificati Autori, il Dott. Walter Kollert, Segretario della Commissione Internazionale del Pioppo, il Dott. Alberto Del Lungo, del Segretariato della Commissione Internazionale del Pioppo, le Dott.sse Rachel Tucker e Irina Tarakanova del Servizio Pubblicazioni della FAO, per la preziosa ed entusiasta collaborazione, che ha permesso di produrre l'edizione italiana del Manuale.

Luca Zaia

Presidente della
Regione del Veneto

PREFAZIONE

I pioppi appartengono alle piante forestali probabilmente più rilevanti fra quelle a rapida crescita dei climi temperati. Nel mondo si stima che le superfici coperte da questa specie siano di circa 95 milioni di ettari. In molti Paesi il pioppo è considerato una delle risorse principali per la produzione di legname di valore. Ma il pioppo è molto di più. È l'albero che meglio si integra nei sistemi agricoli e forestali essendo in grado di fornire oltre al legname di pregio, ombreggiamento e frasca per il bestiame, molti altri prodotti e benefici tra i quali la protezione del suolo dall'erosione e la salvaguardia delle sponde dei fiumi.

Per la sua capacità di integrarsi con le colture agrarie i pioppi possono essere coltivati in consociazione con grano, mais e con diverse specie agronomiche tipiche di Paesi esotici quali ad esempio la curcuma, una spezia caratteristica dell'India. In molti Paesi il pioppo è anche consociato con piante da frutto quali il nocciolo o addirittura il mango.

Il pioppo viene completamente utilizzato: oltre al tronco per legname e derivati di pregio, si utilizzano i tondelli dei cimali per la produzione di paleria ed è impiegato anche nella coltivazione di funghi.

È di tempi più recenti l'utilizzazione del pioppo come ceduo a rotazione breve (short rotation forestry) per la produzione di biomassa a scopo energetico. In questo contesto, la riduzione dei costi di raccolta diventa elemento chiave per la produzione di bioenergia; infatti solo a costi contenuti si può competere con le energie da combustibile fossile. In quest'ambito, "La raccolta meccanizzata del pioppo. Manuale di campo", assume un ruolo importante di strumento di divulgazione per una corretta ed economica utilizzazione di questa specie.

"La raccolta meccanizzata del pioppo. Manuale di campo", pubblicato dalla Commissione Internazionale del Pioppo nel 2008, è il risultato dell'impegno e del lavoro di cinque ricercatori italiani: Stefano Verani e Giulio Sperandio del Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura (CRA), Raffaele Spinelli e Gianni Picchi del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) e Rodolfo Picchio dell'Università degli Studi della Tuscia, ai quali va il caloroso ringraziamento di tutta la Commissione per aver contribuito a diffondere le pratiche di raccolta e di utilizzazione del pioppo, sia per la produzione di legno che per quella della biomassa in tutti i Paesi che lo coltivano, primi fra tutti i 37 Paesi membri della Commissione.

Per la peculiarità del lavoro svolto, questo manuale è anche un valido contributo a supplemento del libro "Poplars and Willows – Trees for Society and the Environment" (Pioppi e Salici – Alberi per la Società e l'Ambiente) edito dalla Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) e dalla Commissione Internazionale del Pioppo (IPC) nel 2014, del quale va appunto a integrare l'aspetto delle utilizzazioni forestali.



Walter Kollert

Segretario della

Commissione Internazionale del Pioppo



PREMESSA

Già da anni la filiera del pioppo sta attraversando una crisi di dimensioni ragguardevoli. Dai 100.000 ha coltivati a pioppo dei primi anni '80 si è passati agli attuali 66.200. L'importazione di materiale da sfogliare per la produzione di compensato da Paesi esteri (Francia, Belgio ed Ungheria, in prevalenza), che risulta pari a circa il 50% del consumo interno, l'utilizzo di materiale di scarto, anch'esso in parte proveniente dall'estero, per la produzione di pannelli di particelle, uniti ad un utilizzo minimo di materiale di provenienza interna per la produzione di cellulosa, hanno determinato un'estrema variabilità ed in sostanza una sensibile riduzione del prezzo di mercato del legno di pioppo e conseguentemente un abbandono della coltura da parte degli imprenditori. Tale situazione si ripercuote inevitabilmente anche sulle ditte di utilizzazione boschiva, che presentano forti incertezze nella programmazione dei lavori e nell'aggiornamento del parco macchine. Infatti, se da un lato la tecnologia attuale mette a disposizione sul mercato strumenti di lavoro sempre più sofisticati, garantendo maggiori produttività e maggiore ergonomia e sicurezza nel lavoro, dall'altro, considerata la fluttuazione del mercato, l'ammortamento ed il recupero del capitale investito molto spesso risultano incerti.

Certamente chi opera in questo settore, indipendentemente dall'impiego di mezzi con tecnologia più o meno avanzata, deve seguire regole ben precise ed adottare adeguati sistemi operativi, affinché il lavoro si svolga con la massima sicurezza e sia aumentata la produttività.

È con questo spirito che gli Autori hanno redatto questo documento, che vuole essere un contributo tecnico pratico a chi già opera e soprattutto a chi inizia ad operare in questo settore dell'arboricoltura da legno: "la pioppicoltura".

IL CANTIERE

In un qualsiasi cantiere di utilizzazione del pioppeto il sistema di lavoro che normalmente viene adottato è quello del legno corto, lo *Short Wood System*, intendendo comunque la produzione di assortimenti con lunghezza intorno ai 2 metri (Foto 1). Le operazioni principali che vengono svolte sono: *l'abbattimento, l'allestimento (sramatura, sezionatura) ed il carico del materiale*. Di norma le operazioni di *concentramento ed esbosco* vengono a mancare in quanto l'allestimento delle piante ed il carico del materiale per il successivo trasporto all'industria avvengono sul letto di caduta; solo nel caso in cui il mezzo non possa entrare nella tagliata (strada di accesso di dimensioni ridotte o terreno particolarmente umido a causa di eccessive piogge) o per situazioni contingenti di impostazione del cantiere, il materiale viene esboscato fino ad un piazzale, dove poi è caricato.



Foto 1. Toppi di pioppo da destinare a sfogliato.

Può essere effettuato anche l'esbosco di piante intere, con o senza rami, con conseguente allestimento in topi commerciali all'imposto (Foto 2). In relazione al livello di meccanizzazione impiegato per l'esecuzione delle diverse operazioni, si possono distinguere tre tipologie di utilizzazione: *tradizionale, avanzata e spinta*. La prima è caratterizzata da un basso impiego di meccanizzazione: motosega per abbattimento ed allestimento, impiego di trattori agricoli, parzialmente modificati all'uso forestale, con possibilità di equipaggiamento di attrezzature portate (verricello o barra posteriore per l'esbosco, gru idraulica per la movimentazione ed il carico del materiale). La seconda è caratterizzata da un elevato impiego di meccanizzazione, prevede l'uso di attrezzature che possono compiere diverse operazioni, ad esempio testa abbattitrice *feller-buncher*, che effettua l'abbattimento, il concentramento e l'allineamento delle piante. La terza impiega una meccanizzazione ancora superiore, con macchine combinate, ad esempio *harvester* con testa



Foto 2. Esbosco di fusti sramati per il successivo allestimento all'imposto.

abbattitrice-sramatrice-depezzatrice, che possono compiere tutte le operazioni necessarie per la produzione dell'assortimento finale (abbattimento, sramatura e depezzatura). In cantieri con queste due ultime tipologie di utilizzazione, molto spesso, è previsto anche l'impiego di trattori articolati portanti *forwarder* e di trattori forestali articolati *skidder*, per l'esbosco ed il carico del materiale e di *sminuzzatrici* per la sminuzzatura di cimali e ramaglia. Nella realtà operativa i sistemi di lavoro sopra elencati, che si riferiscono alla classificazione descritta da Hippoliti, possono subire delle varianti per l'impiego di mezzi diversi all'interno del processo produttivo: caso classico è l'impiego di un caricatore munito di pinza idraulica per la movimentazione del materiale, nel sistema tradizionale, che può essere definito *tradizionale avanzato* (Foto 3).



Foto 3. Utilizzo di un caricatore munito di pinza idraulica nella meccanizzazione tradizionale avanzata.

L'ABBATTIMENTO E L'ALLESTIMENTO NELL'UTILIZZAZIONE TRADIZIONALE

Per abbattimento si intende l'operazione che, con l'esecuzione di uno o più tagli praticati alla base della pianta, ne determina il suo atterramento.

Per allestimento si intende l'operazione che comprende le fasi necessarie (sramatura e sezionatura) per ricavare, dall'albero abbattuto, l'assortimento legnoso richiesto.

L'abbattimento semimeccanico: esecuzione del lavoro

Abbandonato l'abbattimento manuale già dall'inizio degli anni '70, la macchina universalmente più impiegata per questa operazione è la motosega (Foto 4).



Foto 4. Due modelli di motoseghe medie adatte per l'impiego in pioppeti.

Essa è costituita da un motore a scoppio a due tempi, che ne rappresenta il corpo, collegato ad una frizione centrifuga che muove un rocchetto dentato al quale è agganciata la catena con maglie taglianti che, scorrendo su una barra scanalata, costituisce l'effettivo organo di taglio.

Il motore è monocilindrico, alimentato da una miscela di benzina ed olio al 2-5%. Un serbatoio a parte contiene olio che, grazie ad una pompa, viene immesso tra la barra scanalata e la catena dentata per ridurne l'attrito. Le motoseghe vengono classificate in base alla potenza del motore, lunghezza della barra e peso (tab. 1). Ogni motosega, sulla base della propria classificazione, deve essere quindi adatta all'operazione da svolgere.

Tabella 1. Classificazione delle motoseghe.

Classe	Cilindrata [cm ³]	Potenza [kW]	Lunghezza barra [cm]	Massa [kg]
Leggere	20-50	1,2-2,5	20-35	2,5-6
Medie	50-70	2,5-4	35-50	6-8
Pesanti	> 70	> 4	> 50	8-16

Le regole da seguire nell'esecuzione dell'abbattimento del pioppeto con motosega sono quelle classiche applicabili a qualsiasi pianta. Escludendo la possibilità di effettuare l'abbattimento con un solo taglio, in quanto in un pioppeto maturo i fusti hanno un diametro alla base sicuramente maggiore di 20 cm, si dovrà procedere realizzando una tacca che direzioni la caduta della pianta e, successivamente, il taglio che la atterri.

La tacca di direzione asporta un cuneo dal fusto nella direzione scelta per la caduta della pianta. È prodotta con due tagli, uno obliquo ed uno orizzontale; affinché la tacca possa funzionare in modo efficace, i due tagli devono incontrarsi perfettamente senza alcuna sovrapposizione, formando un angolo non inferiore a 40-45°. La profondità del taglio orizzontale deve essere compresa fra 1/4 e 1/3 del diametro della pianta nella zona di taglio (Figura 1). Durante l'effettuazione del taglio orizzontale e dopo aver concluso l'apertura della tacca di direzione, l'operatore verifica che il bordo che congiunge il taglio obliquo e quello orizzontale risulti perpendicolare alla direzione di caduta. Completata la tacca di direzione, si esegue il taglio di abbattimento, eseguito orizzontalmente dalla parte opposta alla direzione di caduta della pianta. Esso deve essere praticato su un piano al di sopra di quello del taglio orizzontale della tacca di direzione.

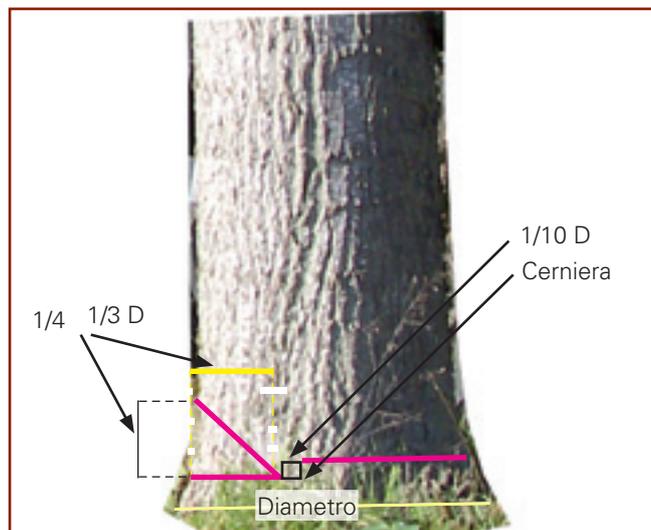


Figura 1. Corretta esecuzione dell'operazione di abbattimento.

Questo dislivello non deve essere inferiore ad 1/10 del diametro al calcio della pianta. Il taglio di abbattimento non si congiunge con quello obliquo della tacca di direzione, ma limita una zona in cui le fibre rimangono integre e possono guidare la caduta della pianta. Tale zona, detta "cerniera", deve essere pari ad almeno 1/10 del diametro al calcio della pianta e di norma è delimitata da due bordi paralleli.

La mancanza della cerniera, dovuta ad un'errata esecuzione del taglio di abbattimento, può avere conseguen-

ze che vanno dall'incastro della motosega nel legno (la pianta recisa si siede sulla ceppaia), alla caduta incontrollata della stessa, poiché priva di alcun vincolo. Al fine di evitare scosciature del fusto e di rendere inutilizzabile la parte basale, che è quella di maggior valore commerciale, la tacca direzionale deve essere posizionata il più possibile vicino a terra.

L'abbattimento normalmente è eseguito da una sola persona; in casi particolari di piante inclinate nella direzione opposta di caduta, è necessario l'impiego di un'altra persona che, durante l'effettuazione del taglio di abbattimento, per evitare che questo si chiuda sotto il peso della pianta, imprigionando la barra della motosega, inserisce dei cunei di alluminio o di plastica che, calzati a forza con la mazza o con l'occhio dell'accetta, provocano l'inclinazione della pianta e l'avvio della sua caduta a terra nella direzione prescelta (Foto 5).



Foto 5. Inserimento del cuneo con zappino durante il taglio di abbattimento.

Un sopralluogo all'interno della piantagione, prima dell'inizio del lavoro, sarà necessario per individuare la direzione di caduta delle piante, in maniera da rendere il più agevole possibile la successiva operazione di esbosco (se necessaria) o di carico del materiale.

L'abbattimento deve avvenire per file, in modo tale da ottenere sul terreno un allineamento regolare di piante abbattute.

In una logica sequenza dell'utilizzazione, il numero di file da abbattere è in funzione della superficie dell'imposto, della capacità di carico del mezzo disponibile (autocarro o autotreno) e della distanza dall'industria utilizzatrice. Vanno calcolati i tempi di viaggio, minimizzando le attese da parte del trasportatore sul cantiere.

L'allestimento semimeccanico: esecuzione del lavoro

Per allestimento del materiale si intende l'insieme delle fasi di trasformazione della pianta in assortimenti semi-

lavorati, con caratteristiche tali da corrispondere ad un determinato utilizzo finale.

In altre parole l'allestimento è una preparazione a monte del materiale, secondo categorie commerciali prefissate.

Le principali fasi per allestire il materiale a partire dall'albero, sono la sua sramatura e la successiva sezionatura. A monte di queste due operazioni si svolge quasi sempre il "collaudo" dei fusti, eseguito da professionisti o da personale dell'industria che ritira il materiale, che ne attesta l'idoneità alla trasformazione nell'assortimento finale.

La sramatura

La sramatura consiste nell'asportazione dei rami con un taglio il più possibile rasente il fusto, evitando il rilascio di monconi. Il mezzo utilizzato è la motosega, che deve essere più leggera e compatta rispetto a quella impiegata nell'abbattimento. Nelle piante più grandi generalmente si esegue cominciando dall'esterno della chioma muovendosi a spirale verso l'interno, come in una serie di cerchi concentrici, iniziando da un lato del fusto e finendo sull'altro, ponendo attenzione al taglio dei rami sui quali la pianta poggia, per evitarne movimenti incontrollati una volta venuto a mancare questo appoggio.

Per rami di dimensioni maggiori bisogna effettuare il taglio prima dalla parte compressa e poi da quella tesa, per evitare che la barra della motosega rimanga incastrata nel legno (Figura 2). La ramaglia con diametri pari od inferiore a 3-4 cm è radunata in grossi mucchi per essere poi bruciata o triturata con decespugliatore a martelli. I rami di dimensioni maggiori sono invece sezionati generalmente alla lunghezza di 2-2,2 m e raggruppati in cataste.

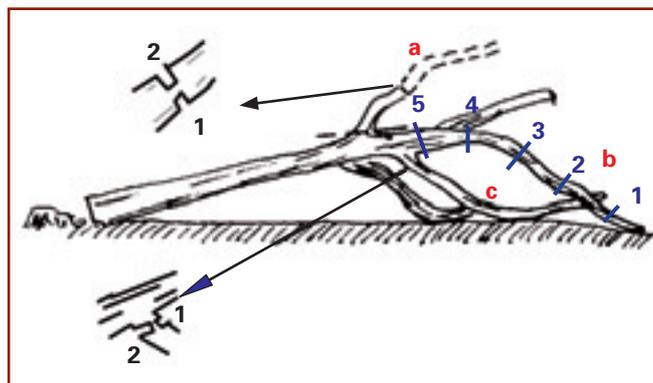


Figura 2. Corretta metodologia per la sramatura di una latifolia.

La sezionatura

Consiste nel sezionare il fusto in pezzi di lunghezza predefinita in base alla destinazione finale (sfogliato, segazione, cartiera o pannelli). Per fusti di piccole dimensio-

ni non presenta particolari problemi, lo stesso dicasi, anche quando il fusto sia di dimensioni maggiori, ma perfettamente appoggiato per tutta la sua lunghezza al suolo, come peraltro si verifica nella maggior parte dei casi, nell'utilizzazione del pioppeto.

In questi casi si procede operando un unico taglio perpendicolare all'asse longitudinale del fusto, che lo percorra lungo tutto il diametro.

In caso di fusti di dimensioni medio-grandi non appoggiati del tutto a terra, sollevati da una parte e facenti leva o che flettano, perché poggiano su due vincoli, due sporgenze del suolo o un piccolo fosso, bisogna seguire una diversa procedura.

È sufficiente individuare, nella zona da sezionare, la parte in cui le fibre del legno sono compresse ed iniziare il lavoro in corrispondenza di questa, entrando nel fusto per circa 1/3 del suo diametro. Si passa poi alla parte tesa fino ad incontrare il taglio precedente (Figura 3).

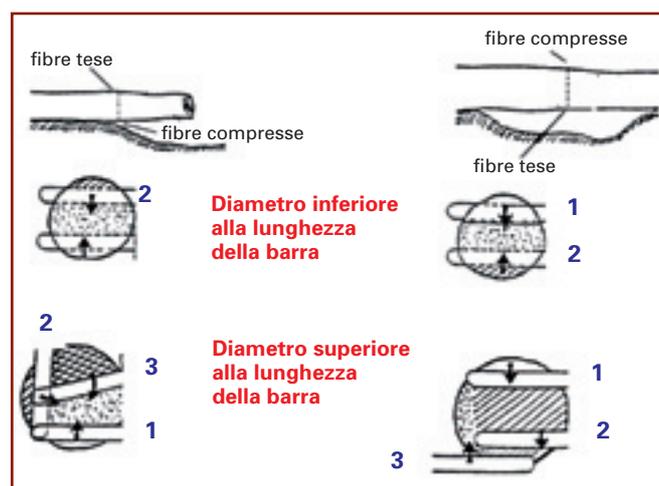


Figura 3. Corretta metodologia per la sezionatura dei tronchi.

In un fusto o parte di esso che sporge come una mensola, è facilmente individuabile la parte compressa nella zona inferiore, al contrario, in un fusto che appoggi su due vincoli sporgenti oppure fletta in una piccola fossa, la parte compressa è quella superiore.

Se la sezionatura venisse eseguita al contrario, nella parte tesa si potrebbero verificare scosciature del legname, fonti di pericolo e di sprechi, mentre in quella compressa si andrebbe incontro quasi sicuramente all'incastarsi della barra della motosega.

Le due operazioni precedentemente menzionate generalmente sono svolte sulla stessa pianta da due persone: una che seziona il tronco in topi partendo dalla base ed una che, partendo dalla cima della pianta, effettua contestualmente la sramatura e la sezionatura. Le due persone debbono sempre lavorare a distanza di sicurezza.

Prevenzione e sicurezza

L'esecuzione delle operazioni di abbattimento ed allestimento di un pioppeto prevede, da parte degli operatori, ritmi di lavoro piuttosto stressanti, anche perché il "cottimo" ancora oggi risulta, per questo tipo di utilizzazione, una forma di retribuzione largamente praticata, con conseguente aumento del rischio d'incidenti. La principale forma di prevenzione da adottare è quella di eseguire il lavoro a regola d'arte. Nell'operare l'abbattimento con la motosega è da tener presente l'obbligo di indossare tutti i dispositivi di protezione individuali (DPI) forniti dal datore di lavoro ed obbligatori per legge (Foto 6).



Foto 6. Operatore motoseghista mentre esegue una tacca di direzione, equipaggiato con idonei DPI.

Il lavoro del motoseghista, in particolare, ha infatti una serie di ripercussioni sulla salute, che spesso si fanno sentire con il tempo, proprio per non aver rispettato semplici regole di prevenzione. A tale scopo vanno indossati i pantaloni antitaglio (le gambe sono la parte del corpo più esposta a rischio per chi usa la motosega), gli scarponi con puntale in acciaio e suola antiscivolo, i guanti per limitare il più possibile le vibrazioni indotte dalla motosega e non avere le mani esposte al contatto con rami e qualsivoglia organo di taglio. Ultimo, ma non in ordine di importanza, è il casco munito di visiera e di cuffie auricolari. La sua struttura protegge la testa dalla eventuale caduta di materiale dall'alto (la caduta di parti di rami in pioppeti maturi è piuttosto frequente), mentre la visiera, che consiste in una retina metallica antiriflesso vincolata ai lati del casco stesso, protegge dalle schegge che si sollevano durante il taglio con la motosega. Le cuffie limitano il rumore del motore della motosega e mitigano, di conseguenza, i danni all'apparato uditivo.

Altra utile accortezza va posta nell'evitare di indossare elementi dell'abbigliamento con appendici sporgenti e/o

pendenti (ad esempio una sciarpa). È da evitare insomma tutto ciò che si possa impigliare nella catena della motosega in movimento, causando eventi incontrollati e spesso tragici.

Per ciò che riguarda il lavoro con la motosega, bisogna porre attenzione nell'evitare che il contatto tra questa ed il legno avvenga con la punta della barra, per evitare il rischio di contraccolpo "kick back", con la conseguente perdita di controllo della macchina. Altro utile consiglio è quello di inserire il freno catena (il dispositivo di sicurezza posto anteriormente all'impugnatura superiore che, azionandosi, blocca la catena) durante i piccoli spostamenti con macchina avviata.

Sarebbe altresì opportuno, una volta scelta la direzione di caduta dell'albero da abbattere, verificare che l'atterramento non avvenga su ostacoli come rocce, ceppaie o semplici avvallamenti di terreno che, anche se di dimensioni ridotte, possono fungere da punto d'appoggio (leva) e far sì che il tronco in caduta si sollevi nella parte posteriore, con possibilità di causare danni all'operatore. Fare attenzione che intorno a colui che abbatte non vi siano altri operatori a svolgere mansioni diverse. Anche con gli accorgimenti realizzati dalle ditte costruttrici e con l'attenzione dell'operatore ad agire nel migliore dei modi, questo lavoro resta tra i più stancanti; diventano dunque necessari i giusti tempi di intervallo e di interruzione del lavoro, per non affaticare troppo il fisico.

L'ABBATTIMENTO E L'ALLESTIMENTO NELL'UTILIZZAZIONE AVANZATA E SPINTA

Nell'utilizzazione avanzata e spinta, l'abbattimento viene effettuato con l'ausilio di macchine. L'operatore, dall'interno della cabina del mezzo, gestisce comandi per avvicinare la macchina alla pianta e posizionare l'organo di taglio per abbatte-la.

La testa abbattitrice

La *testa abbattitrice* è l'unità base che permette di effettuare l'abbattimento meccanico. È costituita da una pinza con tre o quattro bracci metallici che servono per tenere la pianta, durante e dopo l'abbattimento (*struttura-buncher*) e da un organo di taglio vero è proprio posto alla base, che può essere una cesoia, un disco oppure una barra incernierata da un lato con catena tagliente, come quella della motosega (Foto 7).

Questo tipo è certamente il più usato nell'abbattimento, considerate le maggiori dimensioni di taglio che può raggiungere (circa 80 cm).

Una testa abbattitrice come descritta, può essere montata all'estremità di un braccio idraulico snodato ed ali-



Foto 7. Abbattimento con testa abbattitrice a disco montata su macchina industriale, nella meccanizzazione avanzata.

mentata dal circuito idraulico del braccio stesso, azionato da macchine con potenza non inferiore ad 80 kW. In genere simili equipaggiamenti si trovano su escavatori o caricatori opportunamente modificati; raramente dei comuni trattori agricoli vengono pesantemente modificati per ottenere un risultato comunque inferiore, soprattutto come potenze idrauliche gestibili e come distribuzione dei pesi. Generalmente la testa abbattitrice con barra a catena è dotata anche di organi che permettono la sramatura e sezionatura della pianta (Foto 8).



Foto 8. Due modelli di teste abbattitrici ed allestitrici. L'organo di taglio è rappresentato da una barra scanalata su cui scorre una catena tagliente.

L'abbattimento meccanico: esecuzione del lavoro

Pur avendo a disposizione ampi spazi di manovra, considerata la distanza d'impianto del pioppeto (tra le file 5-7 m e sulle file 5-7 m), è comunque utile pianificare il lavoro prima di iniziarlo.

L'operatore che si accinge all'uso della macchina, dovrà reperire informazioni sul posto in cui si muoverà; è essenziale conoscere i limiti dell'area di lavoro, le strade di accesso all'appezzamento, individuare la presenza di fossi o canali, linee elettriche o cavi telefonici, zone

di terreno a bassa portanza (particolarmente in periodi dell'anno piuttosto piovosi) e di tutto ciò che possa rallentare od arrecare danno durante il lavoro.

Successivamente, una volta analizzata l'area, va individuata la direzione di caduta delle piante, che deve essere funzionale al successivo carico od esbosco. Un buon metodo di lavoro è quello di operare alternativamente su due file alla volta. Una volta entrati con la macchina tra le due file, si effettua l'abbattimento una volta sulle file di destra ed una su quelle di sinistra e si allineano le piante abbattute lungo la direzione di marcia della macchina (Figura 4). Così facendo si riducono i tempi dell'operazione di abbattimento e nello stesso tempo si lascia una pista per il passaggio dei mezzi che provvederanno al carico del materiale allestito o all'esbosco della pianta intera, con o senza rami.

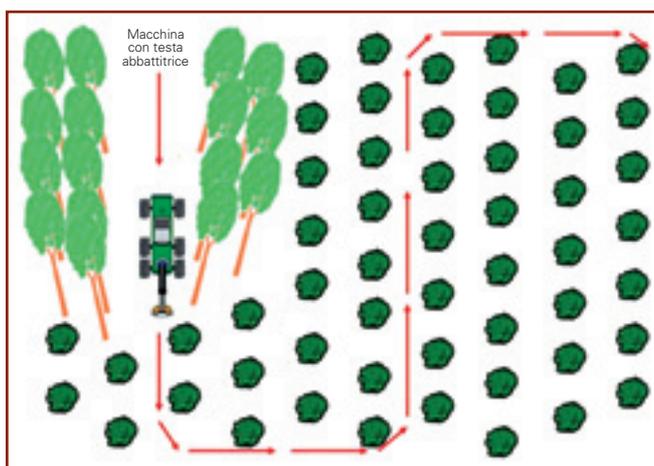


Figura 4. Razionale schema operativo dell'impiego di una meccanizzazione avanzata nell'utilizzazione del pioppeto.

L'abbattimento vero e proprio con la *testa abbattitrice*, si realizza posizionandola in modo che il tronco si trovi al centro della testa, posizionata il più in basso possibile. Si chiudono i bracci della pinza e si inizia il taglio (Figura 5, parte 1, 2 e 3).

Le piante possono essere pretensionate sollevandole leggermente con il braccio della gru prima di iniziare il taglio stesso, in modo da contribuire ad un più facile movimento dell'organo di taglio (Figura 5, parte 3).

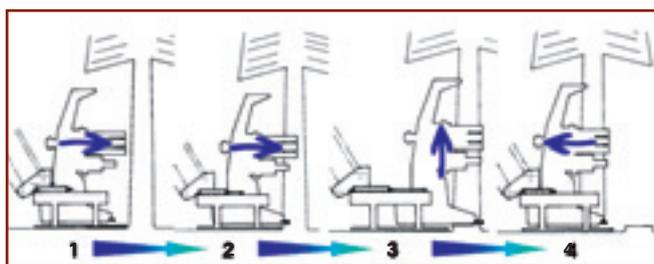


Figura 5. Schema sequenziale dell'abbattimento con testa abbattitrice: le frecce indicano il movimento della testa.

Non appena effettuato il taglio, si può sollevare la pianta (Figura 5, parte 4) e procedere al suo atterramento ed allineamento (Foto 9).



Foto 9. Abbattimento ed atterramento con harvester.

La sramatura e l'eventuale sezionatura saranno effettuate, come nel metodo tradizionale, con motosega, avendo l'accortezza di iniziare dalla parte opposta a quella in cui si effettua l'abbattimento delle file successive (Foto 10).



Foto 10. Allestimento con motosega.

L'abbattimento e l'allestimento meccanico: esecuzione del lavoro

L'abbattimento, la sramatura e la sezionatura sono effettuate con teste combinate *abbattitrici-sramatrici-sezionatrici* che possono essere montate su unità motrici più o meno specializzate, che nel loro insieme costituiscono l'*harvester*. Queste sono macchine ad alta tecnologia composte da un'unità motrice a telaio articolato con 4 o 6 ruote motrici, per il lavoro in pioppeto quasi

sempre gommate e munite di gru, alla cui estremità è montata la testa combinata in grado di abbattere ed allestire la pianta. Dalla cabina girevole, attraverso un braccio idraulico sfilabile o articolato, si comanda la testata dell'*harvester* che svolge tutte le funzioni sopra esposte. Ad operare la sramatura sono 4 o più coltelli che, generalmente, sono le stesse fauci della pinza che aggancia la pianta. Due ruote o cingoli di trascinamento, in gomma o in metallo, comandate dall'operatore, stringono la pianta e ne permettono il suo scorrimento contro i coltelli. La sezionatura alla misura voluta è possibile, in quanto un piccolo pignone presente sulla testa è, durante lo scorrimento del fusto, pressato al tronco e funge da misuratore di lunghezza, grazie ai sistemi elettronici che equipaggiano queste macchine. Le informazioni elettroniche registrate possono essere molteplici ed in genere sono gestite tramite un vero e proprio computer di bordo dotato di software appropriati (Foto 11). In alcuni modelli è possibile montare una barra con catena anche nella parte superiore della testa (Foto 12).



Foto 11. Schermo del computer di bordo di cui sono equipaggiati i più moderni harvester.



Foto 12. Testa abbattitrice-allestitrice munita di doppia barra per la sezionatura.

Questa viene azionata dall'operatore quando sulla pianta sono presenti grossi rami che non possono essere eliminati con i coltelli o qualora per la loro eliminazione sia richiesto un tempo eccessivo. Effettuando il taglio in prossimità della biforcazione si risparmia tempo e non si spreca materiale.

Macchine di questo tipo hanno dimensioni ragguardevoli, potenze molto elevate, dell'ordine di 130 kW e pesano anche 25 t. Le testate richiedono, per essere azionate, una portata idraulica maggiore di 200 l/min e il loro peso varia da 1 a 2,5 t.

Una volta eseguito l'abbattimento, la pianta viene fatta ruotare e posta anteriormente e perpendicolarmente alla macchina (Foto 13).



Foto 13. Posizionamento della pianta per l'allestimento.

Grazie alle ruote di trascinamento montate sulla testata dell'*harvester*, si fa scorrere la pianta in modo che i rami incontrino i coltelli e vengano da questi asportati. In sequenza successiva viene effettuato il taglio, che fa cadere il toppe della lunghezza precedentemente programmata (Foto 13 e 14). Gli assortimenti prodotti,



Foto 14. Harvester durante l'allestimento della pianta.

sul letto di caduta o all'imposto, se è stato effettuato l'esbosco della pianta intera (Foto 15), generalmente sono disposti in andana. Il software di bordo, oltre a programmare la lunghezza dei topi, è in grado di fornire, a fine giornata, il numero dei vari assortimenti prodotti. Un utile accorgimento è quello di sramare e sezionare il tronco, tenendo la pianta il più possibile vicina al terreno, o ancora meglio, con il cimale poggiato a terra in modo da diminuire le tensioni sul legno e gli sforzi sulla stessa testata e braccio.



Foto 15. Allestimento all'imposto di piante esboscate intere.

Una buona organizzazione del lavoro può essere quella riportata nella Figura 6 e di seguito descritta. L'harvester può operare su quattro file, iniziando il taglio nel corridoio centrale (tra la fila 2 e la 3). A mano a mano che si avvanza, il materiale allestito viene accatastato tra la prima e la seconda fila (materiale da sfogliato) e tra la seconda e la terza (materiale da segheria e cartiera). I cimali saranno accatastati tra la terza e la quarta fila. Una volta utilizzate le prime 4 file il lavoro può continua-

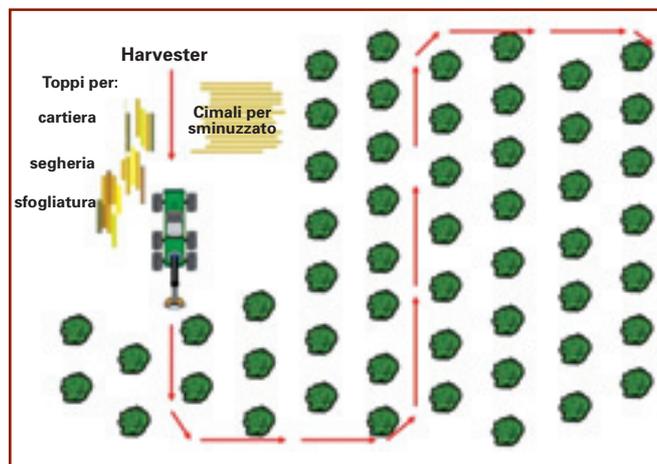


Figura 6. Razionale schema operativo dell'impiego di una meccanizzazione spinta nell'utilizzazione del pioppeto.

re, con senso di marcia della macchina contrario al precedente, sulle contigue 4 file, entrando tra la 6^a e 7^a e l'accatastamento del materiale e della ramaglia avverrà in senso speculare alle prime quattro file tagliate. I topi risultano quindi accatastati nella prima, seconda, sesta e settima interfila mentre i cimali nella terza, quarta, e quinta interfila.

Prevenzione e sicurezza

L'operatore che usa un mezzo munito di *testa abbattitrice* o *testa combinata* va incontro a minori pericoli, visto che si trova ad operare al chiuso di una cabina, spesso equipaggiata anche di dotazioni confortevoli quali un sedile ergonomico ed un ambiente insonorizzato e climatizzato.

L'attenzione in questo caso deve spostarsi all'esterno ed in particolare agli altri operatori presenti in bosco, che non devono assolutamente lavorare in un'area equivalente almeno al doppio del raggio d'azione del braccio idraulico. In alcuni casi infatti, è pressoché impossibile che un operatore con la motosega in moto ed un operatore all'harvester possano sentirsi a vicenda (Figura 7).

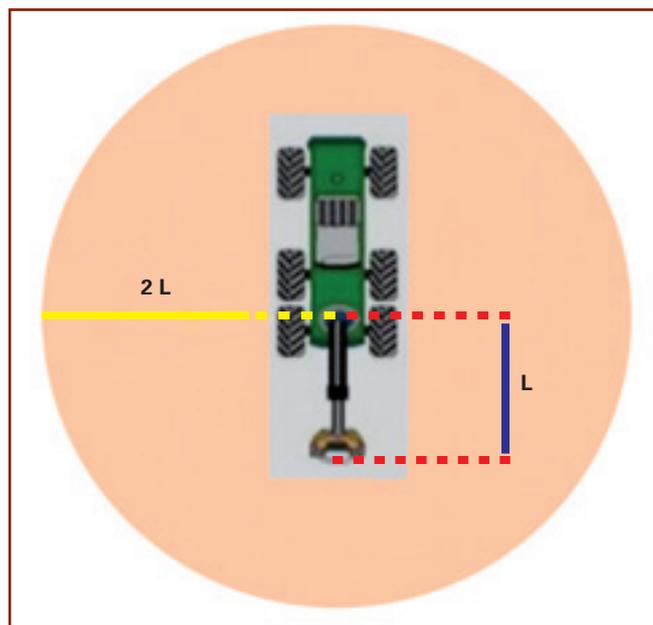


Figura 7. L'area in arancione rappresenta la zona di pericolo pari al doppio del raggio di azione (L) del braccio idraulico.

L'ESBOSCO E IL CARICO DEL MATERIALE

Generalmente l'esbosco non è annoverato tra le operazioni del lavoro di utilizzazione del pioppeto, in quanto il materiale, già allestito, viene caricato direttamente in campo dal mezzo che poi lo trasporterà fino all'industria utilizzatrice (Foto 16). Nel caso in cui l'autocarro o l'autotreno non possano entrare nella tagliata, il materiale già

allestito oppure le piante intere, sramate e non, sono esboscate fino all'imposto, dove saranno poi allestite e caricate per l'invio all'industria utilizzatrice. In funzione del sistema di lavoro, tradizionale, avanzato o spinto, che viene adottato sul cantiere, i mezzi che sono impiegati per questa operazione risultano differenti.



Foto 16. Il materiale già allestito, spesso viene caricato direttamente in campo dal mezzo che poi lo trasporterà fino all'industria utilizzatrice.

L'esbosco nell'utilizzazione tradizionale

L'utilizzazione tradizionale per definizione prevede l'impiego di macchine multifunzionali, che eventualmente possono essere dotate di attrezzature portate per svolgere operazioni diverse. Esempio classico è il trattore, che può essere dotato di verricello o rimorchio per l'esbosco di piante intere o di materiale allestito oppure di gru idraulica per la movimentazione ed il carico del materiale.

Il trattore

Il trattore agricolo gommato, eventualmente con modifiche all'uso forestale, è il mezzo più usato nell'utilizzazione tradizionale per l'esbosco del legname. Può essere fornito posteriormente di verricello o rimorchio con gru idraulica.

La trazione deve essere sulle 4 ruote, per garantire affidabilità e prestazioni ottimali. Per quello che riguarda la potenza, una macchina di 50-70 kW garantisce un lavoro soddisfacente.

Le velocità di punta elevate non sono essenziali ma utili, specie se ci si sposta anche su strade asfaltate. Il cambio marce, dotato di sistema *powershift*, permette l'inserimento dei rapporti sotto carico. Pur non essendo essenziale nei lavori su terreni a bassa pendenza, è utile per la fluidità di cambio e la possibilità di non disinnestare la frizione. Inoltre può essere dotato di inversore, che consente di lavorare invertendo il senso di marcia anche fino a velocità di 40 km/h.

Indispensabile invece, specie se si vogliono usare ri-

morchi trazionati, è la presa di potenza sincronizzata, così da avere i regimi del cambio proporzionati a quelli delle ruote.

Con il bloccaggio del differenziale si evita che, in condizioni di diversa aderenza, una ruota si fermi mentre l'altra continui ad accelerare, rendendo così improbabile l'avanzamento del mezzo.

Ogni trattore è dotato di un impianto idraulico, necessario per azionare gli apparati di sollevamento e alcune macchine operatrici. L'azionamento delle più comuni attrezzature forestali richiede un impianto idraulico con portata massima di almeno 35 l/min, capace di esercitare una pressione di 150 kg/cm². Se per esempio il trattore deve azionare una gru per il carico dei tronchi, la disponibilità di portata e pressioni superiori consente di velocizzare il lavoro.

Il trattore deve essere munito di sollevatore idraulico in grado di sollevare almeno 2500 kg. Il sistema di frenatura deve essere integrale, lo sterzo servoassistito, con ampio raggio di sterzata per agevolare le manovre.

L'organo di collegamento per macchine operatrici trainate è un gancio di traino fornito di una forcella rigida con perno sfilabile mentre, per le operatrici portate e semiportate, è costituito da un sistema servoassistito di attacco e bloccaggio tridirezionale degli attrezzi (attacco a tre punti).

Tra le principali modifiche da attuare, affinché il lavoro di esbosco si svolga con maggior sicurezza, minori perdite di tempo e quindi maggiori produttività, vanno ricordate le seguenti: protezioni ai vetri laterali e posteriori della cabina (Figura 8 G); telaio di protezione della cabina (Figura 8 A); una zavorra anteriore (Figura 8 C), per contrastare l'impennamento del mezzo (può trattarsi anche di una piccola pala o di pinze idrauliche) o comunque, la perdita di stabilità nella guida; pneumatici che vanno scelti più resistenti (numero di tele maggiore) e con protezione alla valvola (Figura 8 D); rinforzi di acciaio posti sui cerchioni (Figura 8 F); protezioni, quali lamiere poste ventralmente e lateralmente agli organi del motore ed al radiatore (Figura 8 B e E).

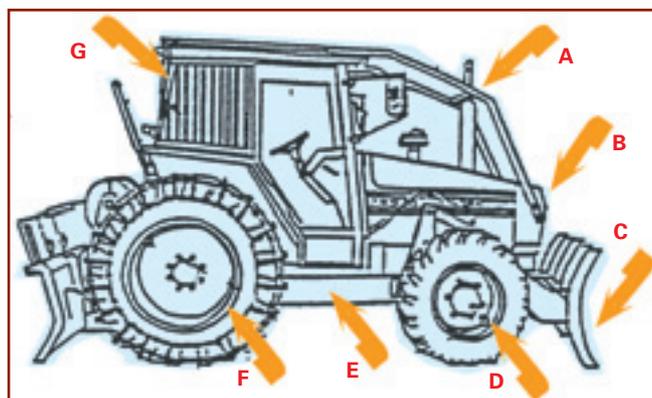


Figura 8. Trattore agricolo in versione forestale.

Il verricello forestale

Il verricello forestale è una macchina operatrice e può essere portata o fissa (Foto 17). Nel caso dei verricelli portati o mobili è vincolata al trattore tramite l'attacco a tre punti e fatta funzionare dalla presa di potenza dello stesso. I verricelli fissi invece possono essere anche azionati direttamente tramite il circuito idraulico del trattore.



Foto 17. Sulla sinistra verricello forestale portato; sulla destra verricello forestale fisso.

Strutturalmente, nella sua versione più semplificata, un verricello forestale è composto da una struttura metallica, sulla quale sono vincolati un tamburo ed una trasmissione, che nella pratica possono presentarsi in maniera molto complessa ed offrire diverse soluzioni di combinazioni.

Nella maggior parte dei casi la trasmissione del moto avviene per via meccanica, grazie ad un albero cardanico collegato alla presa di potenza del trattore, che trasmette il moto ad un gruppo moltiplicatore/riduttore applicato al tamburo sul quale agiscono, per governarne il movimento, una frizione ed un freno.

I verricelli mobili sono i più utilizzati, si montano sul sollevatore idraulico in pochi minuti e sono molto più versatili di quelli fissi imbullonati alla struttura del trattore. Oltre alla struttura in metallo che contiene gli organi di trasmissione e frenatura del moto, nel verricello troviamo una rete metallica di protezione, uno scudo in basso, solidale al resto della struttura, con la triplice funzione di ancoraggio, quando è abbassato, di sollevamento della testa dei tronchi, quando viene alzato tramite il sollevatore idraulico e di protezione del trattore rispetto ai movimenti incontrollati dei tronchi stessi, durante lo strascico.

Altro importante dispositivo di cui sono muniti i verricelli forestali è la bocca d'esbosco. Questa consiste in una carrucola incernierata a bandiera nella parte alta della struttura metallica, attraverso la quale passa la fune, completata da una sorta di guidafune forato, basculante ed a sua volta incernierato sui lati della carrucola stessa.

La bocca d'esbosco diminuisce l'usura della fune, rende regolare il suo avvolgimento sul tamburo e ne facilita anche il direzionamento, sia in fase di svolgimento a vuoto che di richiamo, con i fusti agganciati.

Altro carattere distintivo del verricello è il numero dei tamburi. Oltre a quelli ad un solo tamburo, esistono quelli a due tamburi, che permettono di concentrare ed esboscare un numero superiore di fusti; in questi sono ovviamente doppie le funi e le bocche d'esbosco (Foto 18).



Foto 18. Sulla sinistra verricello forestale a un tamburo e sulla destra a due tamburi. Entrambi i verricelli forestali sono di tipo mobile o portati.

Ancora un parametro da tenere in considerazione quando si debba scegliere uno di questi mezzi è la forza di trazione massima sviluppabile. È un metro molto importante, perché inquadra il campo d'applicazione del verricello stesso e ne definisce i limiti. Esistono diversi modelli con diverse forze di trazione, che variano da circa 20 kN a poco più di 100 kN, con un valore medio di 60 kN. Un verricello medio di questo tipo dovrebbe avere uno o due tamburi, capaci ognuno di ospitare almeno 80-100 m di fune del diametro di 10-12 mm, con una massa pari a circa 500 kg. È preferibile usare funi a 114 fili, è indifferente che siano con anima in acciaio o in canapa. Per lo strascico di materiale proveniente dal taglio finale del pioppeto vanno bene funi di 10-12 mm di spessore, che hanno un carico di rottura prossimo agli 8000 kg. La fune dovrà essere corredata di ganci scorrevoli, che permettono di esboscare più piante in un unico viaggio.

L'esecuzione del lavoro

Lo svolgimento del lavoro è abbastanza semplice. Il trattore deve essere posizionato con il retrotreno in direzione del calcio delle piante da esboscare, quindi si abbassa il verricello facendo poggiare lo scudo a terra per rendere più stabile la posizione del mezzo (Foto 19 A).

A questo punto l'operatore prendendo il gancio terminale srotolerà la fune fino ad agganciare la pianta più lontana tra quelle che si è deciso di prelevare. Le altre piante saranno agganciate alla fune del verricello per mezzo di ganci scorrevoli presenti sulla stessa (Foto 19 B); tali ganci sono formati da una parte che scorre sulla fune



Foto 19. Operazione di esbosco per strascico indiretto con verricello forestale a un tamburo di tipo mobile o portato.

e da un'altra forata costituita da una sezione forgiata in modo da poter alloggiare, incastrandolo perfettamente, l'anello di una catena o la piombatura di un cordolo. Con i cordoli o le catene sono stati precedentemente agganciate le altre piante da esboscare.

Solo dopo aver terminato l'operazione d'aggancio sarà dato un segnale ed il trattorista agirà sulla leva della frizione per far riavvolgere il tamburo e richiamare la fune con il relativo carico fino a quando il calcio delle piante non sia a contatto con lo scudo del verricello (Foto 19 C e D). Poi si solleva da terra lo scudo e inizia l'esbosco per semistrascico che terminerà all'imposto.

Il rimorchio

Con il rimorchio si effettua l'esbosco di materiale sezionato già assortimentato. Possibilmente il rimorchio deve essere del tipo forestale e quindi dotato di uno o due assi trazionati, di un robusto telaio per resistere alle sollecitazioni durante il tragitto e di sistemi che ne aumentino la manovrabilità (Foto 20).



Foto 20. Sulla sinistra sistema di assale a bilanciere con trazione idraulica; sulla destra sistema idraulico di sterzata e livellamento degli assi del rimorchio.

Deve avere baricentro basso, assale trazionato e ruote a sezione larga (Foto 21). Rispetto a quello agricolo, la struttura base del rimorchio forestale è comune per i diversi modelli presenti sul mercato: il telaio è formato da assi in acciaio ed è collegato al trattore tramite un timone con gancio ad occhio girevole, si appoggia su un assale con due o più ruote trazionate o direttamente sui mozzi delle ruote, nel caso di rimorchi a trazione idraulica.

Alcuni rimorchi pesanti hanno assale doppio o ruote gemellate. In caso di presenza del pianale, è utile che



Foto 21. Rimorchi forestali con gru idraulica.

questo possa essere ribaltabile su tre lati, per agevolare lo scarico del materiale.

Per la scelta del trattore una regola di semplice applicazione consiglia 10 kW di potenza del trattore/tonnellata di portata del rimorchio (tab. 2). Il trattore deve avere la trazione sulle quattro ruote e la presa di potenza sincronizzata. Al rimorchio deve essere accoppiata una gru idraulica per il carico e lo scarico del materiale.

Tabella 2. Classificazione dei rimorchi forestali.

Tipo di rimorchio	Portata (in kg)
Leggero	3500-5000
Medio	5000-7000
Pesante	7000-14000

Le gru possono essere allestite direttamente sul trattore o sul rimorchio forestale e sono costituite da una



base su cui è montato il braccio idraulico, generalmente diviso in due spezzoni articolati, dei quali il secondo con braccio sfilabile. Sono inoltre dotate di stabilizzatori, nella parte bassa, indispensabili nella fase di carico. Tutto è messo in funzione dallo stesso impianto idraulico del trattore o da uno autonomo; in questo caso il funzionamento è garantito dalla pompa azionata dalla presa di potenza del trattore.

L'esecuzione del lavoro

L'operatore si dispone parallelamente all'inizio dell'andana dei topi, in maniera da caricare nel modo più agevole possibile e da effettuare con il caricatore il minor numero di movimenti (Foto 22). Abbassati gli stabilizzatori, porta la pinza sopra i topi e ruotando il braccio ed eventualmente allungandolo, apre la pinza ed inizia ad agganciarli. I topi vanno agganciati in una zona corrispondente a circa la metà della loro lunghezza o comunque in modo da non sbilanciare il carico. Una volta chiusa la pinza ed afferrati i topi, con movimenti inversi a quelli appena effettuati, si carica il materiale sul rimorchio. Se il materiale è piuttosto lungo, conviene afferrarlo verso una estremità, appoggiarlo al pianale e, spostata la pinza verso il centro, terminare il carico con una seconda movimentazione. Il carico va effettuato in maniera tale da non lasciare spazi liberi sul pianale.



Foto 22. Esbosco di topi con trattore munito di rimorchio.

Prevenzione e sicurezza

Anche se il pioppeto sicuramente non può essere paragonato ad un bosco (accidentalità del terreno quasi nulla, pendenze generalmente lievi), un trattore che vi opera deve essere dotato di una serie di modifiche ed accorgimenti che garantiscano protezione tanto alla macchina quanto all'operatore che la manovra. Inoltre, altre modifiche serviranno a rendere più sicuri gli spostamenti della macchina, specialmente se grava-

ta dal peso di un altro mezzo portato, come può essere, per esempio, il verricello.

I verricelli devono essere sempre lubrificati e mai privati delle reti di protezione, delle quali sono equipaggiati dalle case costruttrici.

È importante la continua manutenzione ed osservazione dello stato di usura della fune e della solidità delle giunzioni, per evitare rotture, con conseguenti frustate e comunque movimenti incontrollati che possono essere veramente pericolosi per gli operatori.

In fase di strascico indiretto dei tronchi, quando il trattore è fermo, lo scudo del verricello va sempre abbassato, così da usarlo come ancoraggio al suolo.

Le funi del verricello devono essere sempre maneggiate indossando i guanti, per evitare ferite e tagli dovuti ad eventuali sfilacciate.

Non si deve assolutamente toccare la parte meccanica del verricello quando questo è in movimento o con la presa di forza azionata; lo stesso vale per l'albero cardanico il quale, inoltre, è indispensabile che venga usato sempre fornito delle cuffie di protezione e delle catenelle che le vincolano nei movimenti.

Anche l'abbigliamento dovrebbe essere il più possibilmente adeguato al lavoro ed aderente, in modo da evitare parti che possano costituire appiglio agli organi in movimento.

La movimentazione manuale dei fusti a terra deve essere fatta solo con lo zappino o con la leva giratronchi, per evitare ferite, sforzi, strappi muscolari e dolori lombari.

L'uso della gru idraulica causa generalmente danni, non tanto all'operatore, quanto alle persone che aiutano nella sistemazione del carico.

Bisognerà dunque porre attenzione che durante il movimento della gru non vi siano persone al di sotto dei carichi in movimento, così che, una eventuale caduta degli stessi, o un loro spostamento incontrollato, non sia fonte di pericolo o danno.

Il braccio idraulico dovrebbe essere dotato di valvole di sicurezza, che mantengano bloccato il flusso dell'olio in caso di perdita di pressione, evitando così un immediato e pericoloso rilassamento della struttura.

Prima di azionare il braccio idraulico andranno sempre posizionati a terra gli stabilizzatori.

Tutti gli accessi alle cabine del trattore ed alle gru idrauliche devono essere equipaggiati con gradini antiscivolo, per evitare cadute.

Ogni mezzo deve essere accompagnato da una cassetta di primo soccorso e da un estintore.

L'esbosco nell'utilizzazione avanzata e spinta

In questi sistemi di utilizzazione i mezzi impiegati nell'esbosco sono ad alta tecnologia, con motorizzazioni di elevata potenza, che garantiscono ottime produttività



Foto 23. Trattori articolati portanti o forwarder.

di lavoro. I principali sono il *forwarder*, trattore articolato portante (Foto 23), e lo *skidder*, trattore articolato munito posteriormente di pinza da esbosco e/o verricello fisso (Foto 24).



Foto 24. Trattore forestale articolato (skidder), equipaggiato con pinza forestale.

Il forwarder

La macchina è costituita da due parti principali: un avantreno, dove è presente la cabina di guida ed il motore; un retrotreno, dove si trova il pianale per il carico ed una gru, con uno sbraccio medio di 7 m.

L'avantreno ed il retrotreno sono collegati da un'articolazione snodata. La macchina è a due assi trazionati, che possono permettere il montaggio di 4, 6 o 8 ruote isodiametriche e gemellate. Possono avere una portata compresa tra 8 e 12 t e sono dotati di motori con potenza compresa tra 80 e 110 kW. La lunghezza può variare da 8 a 10 m. La massa è compresa tra 9 e 13 t. La cabina è dotata di posto guida reversibile, regolabile elettronicamente in base al peso ed all'altezza dell'ope-

ratore, di ampia visibilità, con sistema di climatizzazione interna.

Le funzioni del veicolo sono governate da un computer di bordo, che permette la gestione dei parametri operativi del mezzo: si possono visualizzare e registrare il carico trasportato, le distanze percorse ed il numero di viaggi orari, o riferiti alla intera giornata lavorativa.

Il carico e l'esbosco del materiale con un trattore articolato portante seguono, più o meno, lo stesso iter di lavoro dell'esbosco effettuato con trattore munito di rimorchio e gru idraulica. La differenza dell'impiego di questo mezzo si riscontra nella manovrabilità e nell'uso più agevole.

L'esecuzione del lavoro

Generalmente si esboscano topi già assortimentati (lunghezza max di circa 4 m). Se l'organizzazione del cantiere lo richiede, è comunque possibile, considerata la lunghezza del mezzo, esboscare fusti interi cimati ed effettuare la sezionatura all'imposto.

L'operatore, sfruttando la reversibilità della postazione di guida, procede a retromarcia e arriva nella zona di carico, disponendosi con la macchina al lato del materiale assortimentato, arresta il mezzo, si pone ai comandi della gru idraulica con pinza ed inizia il carico (Foto 25).

Con ogni "pescaggio" si prendono più o meno topi, a seconda del diametro degli stessi, fino a sfruttare al massimo l'apertura della pinza di carico che generalmente copre una superficie media di 0,35 m².

Una volta terminato lo spazio a disposizione sul pianale di carico, si poggia il braccio idraulico sui fusti, se la gru è montata sul retrotreno o sulla struttura predisposta anteriormente se la stessa è montata sull'avantreno, in modo da fissarla durante il tragitto.

L'operatore quindi invertirà la postazione di guida di 180° e inizierà, a marcia avanti, l'esbosco verso l'impo-



Foto 25. Esbosco con forwarder, fase operativa di carico del materiale.

sto, dove il materiale già sezionato sarà caricato su autotreno (Foto 26), oppure scaricato, se fusti interi cimati e sezionato in assortimenti commerciali.



Foto 26. Carico su autotreno con forwarder.

Lo skidder

È un trattore con motorizzazione di elevata potenza, 60-90 kW, con articolazione centrale che garantisce un'ottima manovrabilità del mezzo. Posteriormente può montare una pinza idraulica, azionata da uno o due martinetti, montati sul sollevatore idraulico del trattore, che garantiscono sia movimenti orizzontali che verticali alla pinza e quindi un minor numero di manovre per l'aggancio del materiale (Foto 27). In alternativa o, in alcuni casi, in concomitanza alla pinza è presente un verricello ad uno o due tamburi. Il 50% e più del peso è ripartito anteriormente, in maniera tale da evitare impennamenti della macchina durante lo strascico. Il motore è completamente protetto da una lastra d'acciaio, così come sono protetti i fanali e le valvole delle ruote. Queste ultime sono isodiametriche, piuttosto larghe,

per garantire una buona aderenza e montano pneumatici forestali. Anteriormente il mezzo è dotato di una pala apripista, che può essere impiegata nell'avvicinamento di più piante. La massa degli *skidder* medi può variare da 6000 a 8000 kg. La velocità che possono raggiungere è ragguardevole: circa 30 km/h.



Foto 27. Skidder con pinza aperta.

L'esecuzione del lavoro

Con trattore con pinza si effettua l'esbosco di piante intere, generalmente con rami (Foto 28). Rispetto all'esbosco effettuato con verricello, è la macchina che arriva vicino al materiale, lo aggancia e lo esbosca direttamente, mentre lavorando con il verricello la macchina è ferma durante il richiamo della fune. In altre parole l'avvicinamento e l'aggancio con la pinza sono quasi simultanei e non si verifica un concentramento (strascico indiretto) prima dell'esbosco vero e proprio.



Foto 28. Esbosco di piante intere per semistrascico con skidder.

Una volta raggiunta la zona con le piante atterrate il trattorista fa manovra, si avvicina a marcia indietro e con la



pinza aperta aggancia la pianta. Una volta agganciata la pianta fa manovra e si posiziona sopra un'altra pianta, apre la pinza, fa cadere la pianta precedentemente agganciata e richiude la pinza prendendo così le due piante. Ripetendo la stessa operazione, un buon trattorista può agganciare 4-5 piante e sfruttare così al massimo la superficie di carico della pinza, che può arrivare anche ad 1 m². Il materiale viene poi scaricato all'imposto, dove con un *harvester* è effettuata la sramatura e sezionatura. Esistono anche trattori che montano pinze rovesce, con i bracci verso l'alto (figura 9). In questo caso il trattore è dotato di una gru idraulica con pinza, che raccoglie e carica il materiale all'interno della pinza: terminato il carico si chiudono i bracci della pinza e si esbosca il carico.

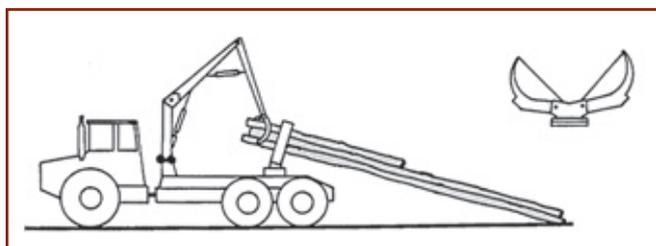


Figura 9. Trattore munito di pinza rovescia.

Prevenzione e sicurezza

L'operatore che manovra i mezzi sopra citati, lavorando all'interno di confortevoli cabine (climatizzate ed insonorizzate), non ha bisogno di particolari mezzi di sicurezza. La sua attenzione, come nel caso d'impiego di macchine combinate, deve rivolgersi all'esterno, assicurandosi che nel raggio d'azione di spostamenti e manovre non siano presenti altre persone che lavorino.

LA SMINUZZATURA

La sminuzzatura (detta anche cippatura) è l'operazione che permette di ridurre il materiale legnoso, nel caso di utilizzazione del pioppeto cimale e ramaglia, in sca-

glie regolari: lo sminuzzato o cippato, dall'inglese *chip* (Foto 29). Lo sminuzzato è un assortimento povero ed il prezzo medio di mercato, 40-50 €/t, pagato dagli industriali, sicuramente lo dimostra. Negli ultimi anni, comunque, il crescente impiego di fonti energetiche alternative a quelle fossili e la conseguente creazione di centrali elettriche o di piccoli impianti per produzione di energia termica, ne ha diversificato l'impiego che, precedentemente, era solo per la produzione di pannelli di particelle ricostituite e ne ha fatto crescere la domanda. La produzione di tale assortimento permette inoltre di recuperare mediamente un 20-30% di biomassa, che altrimenti sarebbe un residuo dell'utilizzazione e quindi triturrata o bruciata sulla tagliata.



Foto 29. Cumulo di cippato all'imposto.

La sminuzzatrice

La sminuzzatrice è una macchina che, per mezzo di un organo di taglio, riduce in piccole scaglie cimale, rami oppure piante intere. Può essere dotata di motore autonomo, oppure sfruttare la potenza fornita da un trattore. Sulla base dell'organo di taglio esistono tre tipologie di macchine: a tamburo, a disco e a vite senza fine (Foto 30).

Nella prima l'organo sminuzzatore è costituito da un ci-



Tamburo

Disco

Vite senza fine

Foto 30. Tre differenti tipologie di sminuzzatrici in base all'organo di taglio.



lindro, di diametro variabile da 40 cm a 100 cm, che ruota sul proprio asse e sul quale sono montati, tangenzialmente, dei coltelli.

Nella seconda tipologia l'organo tagliente è costituito da un grosso volano sul quale sono montati, in posizione radiale, da 2 a 4 coltelli. Il volano ha un diametro minimo di 80 cm.

Nella terza tipologia l'organo tagliente è costituito appunto da una vite senza fine, ruotante su un asse orizzontale. L'alimentazione del materiale può avvenire dall'alto oppure frontalmente, per mezzo di una bocca a forma di tronco di piramide sulla quale, lateralmente, sono presenti dei rulli di trascinamento. L'espulsione del prodotto avviene generalmente attraverso un collo d'oca.

Richiedono per il loro funzionamento potenze molto elevate, fino a 400 kW e possono essere montate su specifici trattori e quindi autonome nello spostamento (Foto 31).



Foto 31. Sminuzzatrice di grossa potenza montata su forwarder.

L'esecuzione del lavoro

L'operazione di sminuzzatura all'interno di un cantiere di utilizzazione del pioppeto può avvenire, in funzione del mezzo che si ha a disposizione, sostanzialmente in due modi: direttamente in campo oppure all'imposto. Nel primo caso la sminuzzatrice, che deve essere autonoma nello spostamento, si dispone lungo la fila di cimali da tritare e soffia il materiale direttamente dentro l'autotreno od un cassone disposto parallelamente ad essa (Foto 32). Questo è il sistema che garantisce minore manutenzione: infatti il materiale, non essendo esboscato, non è "inquinato" ed i coltelli durano più a lungo. Mediamente con un set di coltelli nuovi si producono da 100 a 300 t di scaglie e tale quantità diminuisce sensibilmente, oltre che con la durezza del legname, per la presenza di terra che inevitabilmente si accumula tra il legname durante l'esbosco.

Se non si dispone di una sminuzzatrice semovente,

il materiale va esboscato fino all'imposto dove poi è sminuzzato. L'arrivo del materiale alla macchina deve essere programmato in maniera tale da evitare che la sminuzzatrice rimanga ferma per mancanza di materia prima. La sminuzzatura deve comunque sempre avvenire dentro l'autotreno: sminuzzare in terra oppure dentro un rimorchio per poi caricare nuovamente le scaglie dentro l'autotreno, se possibile, è da evitare.



Foto 32. Sminuzzatrice montata su forwarder che lavora parallelamente ad un trattore con rimorchio per il trasporto delle scaglie.

CONSIDERAZIONE GENERALI SUI SISTEMI DI LAVORO

I sistemi di lavoro precedentemente descritti, in una fase di considerazioni generali anche di tipo economico, sono stati analizzati più nel dettaglio e sono stati rappresentati con quattro tipologie di utilizzazioni: *tradizionale* (T), *tradizionale-avanzata* (TA), *avanzata* (A) e *spinta* (S). L'adozione di uno dei sistemi di lavoro sopra descritti dipende essenzialmente dal grado di meccanizzazione adottato e quindi dall'investimento economico che le ditte sono in grado di sostenere e conseguentemente dal volume di lavoro che possono svolgere annualmente.

Nella tab. 3, 4 e 5 sono riportate le macchine impiegate nelle diverse operazioni delle diverse tipologie di utilizzazione adottate, il *range* di produttività medie lorde di lavoro raggiungibili, ripartite per singola operazione e per l'intero cantiere e il capitale medio necessario per l'adozione delle quattro tipologie.

Va sottolineato che ogni tipologia di utilizzazione è caratterizzata da un maggiore o minor grado di meccanizzazione, mentre le operazioni svolte dalle macchine impiegate non seguono una successione codificata, ma sono funzione della logistica e dell'organizzazione data ad ogni singolo cantiere. Ad esempio, in un'utilizzazione

spinta l'harvester, che dovrebbe effettuare in successione continua l'abbattimento e l'allestimento delle piante, può effettuare prima l'abbattimento e poi l'allestimento sul piazzale di piante intere esboscate con uno skidder, oppure allestire piante abbattute ed allineate precedentemente con feller-buncher.

Al momento, il sistema di lavoro maggiormente adottato è quello tradizionale, molto spesso con varianti che prevedono l'impiego di una macchina per la movimentazione del materiale intero o sezionato (tradizionale avanzato), che può aumentare sensibilmente la produttività dell'intero cantiere. L'adozione dei sistemi di lavoro

avanzato e spinto, con impiego di teste abbattitrici o abbattitrici-sramatrici-sezionatrici, di sofisticati mezzi per l'esbosco, forwarder in particolare e di sminuzzatrici, si sta comunque diffondendo negli ultimi anni. Chiaramente, ai vantaggi indotti da questi sistemi di lavoro: produttività elevate rispetto ai sistemi tradizionali, utilizzazione integrale di tutto il soprassuolo con la sminuzzatura di cimali e ramaglia e quindi facilitazione nel ripristino del terreno, si contrappone l'elevato investimento finanziario da affrontare ed il conseguente ammortamento, che può essere garantito solo in rapporto ad elevate superfici annualmente lavorate, che debbono però esse-

Tabella 3. Operazioni svolte e principali macchine impiegate in funzione della tipologia di utilizzazione adottata.

Tipologia di utilizzazione	Abbattimento	Allineamento Concentramento	Allestimento	Esbosco	Carico	Sminuzzatura
Tradizionale (T)	Motosega		Motosega	Tratt. Agricolo con verricello (piante intere) con rimorchio (toppi)	Con pinza del trattore agricolo o rimorchio	
Tradizionale Avanzato (TA)	Motosega	Escavatore con pinza	Motosega	Tratt. Agricolo con verricello (piante intere) con rimorchio (toppi)	Escavatore con pinza	
Avanzato (A)	Testa abbattitrice (feller-buncher)	Testa abbattitrice (feller-buncher)	Motosega	Tratt. Agricolo con verricello (piante intere) con rimorchio (toppi)	Escavatore con pinza	
Spinto (S)	Testa abbattitrice-sramatrice-depezzatrice (Harvester)		Testa abbattitrice-sramatrice-depezzatrice (Harvester)	Forwarder, Skidder	Forwarder	Sminuzzatrice su motrice che si sposta sulla tagliata

Tabella 4. Range delle produttività medie lordi di lavoro riscontrabili nelle varie operazioni di utilizzazione del pioppeto per tipologia di utilizzazione adottata (t h⁻¹ operaio⁻¹).

Sistemi di lavoro	Abbattimento		Allestimento		Esbosco		Carico		Sminuzzatura		Utilizzaz.		Con sminuzz.	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Tradizionale (T)	15	18	2	3	12	14	5	6	-	-	1,18	1,59	-	-
Tradizionale Avanzato (TA)	25	35	2,5	3,5	7	9	7	9	-	-	1,38	1,86	-	-
Avanzato (A)	35	40	6	6,5	5	8	5	8	12	14	1,68	2,33	1,47	2,00
Spinto (S)	40	50	12	16	20	26	8	10	15	18	3,53	4,53	2,86	3,62

Tabella 5. Livello orientativo d'investimento in capitale macchine, in relazione alla tipologia di utilizzazione adottata (valori in Euro).

Tradizionale (T)	Tradizionale Avanzato (TA)	Avanzato (A)	Spinto (S)
80-100.000	170-190.000	350-380.000	800-1.000.000

re il più accorpate possibile, al fine di limitare i costi di trasferimento delle macchine. Purtroppo questa ultima condizione molto spesso non si verifica, per l'eccessivo frazionamento delle superfici pioppicole. Va inoltre sottolineato che per l'uso di queste macchine deve essere impiegato personale altamente specializzato e formato appositamente. Ad esempio, una pressione troppo forte, data ai coltelli di una testa *abbattitrice-sramatrice-sezionatrice*, può provocare eccessiva asportazione di corteccia, rendendo quindi non più commerciabili gli assortimenti o riducendone sensibilmente il valore.

L'ESTRAZIONE DEGLI APPARATI RADICALI

Dopo l'abbattimento e l'allontanamento delle piante di pioppo, il terreno agricolo deve essere ripristinato, rimuovendo gli apparati radicali, per poter ospitare le successive colture. Per contenere i costi di quest'operazione è necessario utilizzare attrezzature specializzate. La scelta più semplice è sicuramente una trinciatrice azionata da un trattore agricolo. La macchina distrugge il fittone e le radici secondarie, mescolando i residui al suolo. Attualmente questo è il sistema più comune, ma l'apparato radicale delle piante può rappresentare un'interessante risorsa di biomassa legnosa e il suo recupero merita attenzione, per una serie di ragioni: in primo luogo la ceppaia e l'apparato radicale costituiscono una porzione importante dell'intero albero; secondo, il legno radicale ha spesso un potere calorifico superiore rispetto al legno del tronco, costituendo un combustibile addirittura migliore; terzo, nelle piantagioni arboree l'asportazione dell'apparato radicale è considerato come un servizio al proprietario, poiché quest'operazione viene comunque effettuata per preparare l'appezzamento alla prossima coltura. Per questa stessa ragione, l'estrazione delle ceppie non richiede nessun permesso particolare, mentre può portare a un ulteriore ingresso economico.

Prime esperienze nell'estrazione degli apparati radicali

Le prime esperienze nel campo dell'estrazione degli apparati radicali risalgono ai primi del '900, ma non c'è

stato un reale interesse verso i sistemi industrializzati per il recupero delle ceppie sino agli anni '70, quando il grande sviluppo dell'industria cartaria scandinava incentivò la ricerca di nuove fonti di materie prime legnose. Un primo sistema con applicazione commerciale per l'estrazione degli apparati radicali di pini e abeti fu sviluppato in Finlandia, applicando l'apposita pinza *Pallari* a escavatori modificati: questa è un arnese specificamente concepito per sradicare e spaccare le ceppaie arboree (Figure 10 e 11). La stessa attrezzatura è stata sperimentata successivamente in Danimarca, Francia e Svezia.



Figura 10. La pinza Pallari montata su uno scavatore e un dettaglio in profilo dell'attrezzo.

Le radici venivano pulite per semplice agitazione durante l'estrazione e lasciandole in cumuli all'aperto per alcune settimane, di modo che gli agenti atmosferici separassero ulteriormente i residui di terreno dal legno. Attualmente la ricerca finlandese guida la rinascita di questo settore grazie al crescente interesse verso la biomassa combustibile. Questa stessa tendenza può interessare anche le piantagioni di pioppo del centro-sud Europa che hanno un grande potenziale in termini di biomassa ritraibile grazie all'abbondanza di residui, la facilità di accesso e la gestione tipicamente di tipo industriale/meccanizzata. Il pioppo ha, però, un profondo apparato radicale fittonante e non è possibile utilizzare in maniera efficace il sistema *Pallari*, pensato per radici superficiali come quelle dell'abete. Per questa ragione è stato necessario progettare un sistema di raccolta specifico per questa specie arborea.



Figura 11. Estrazione di ceppie con sistema Pallari; gli apparati radicali vengono lasciati in campo per alcuni mesi, permettendo alla pioggia di dilavare il terreno.

L'estrazione di radici in pioppicoltura

La prima macchina specifica per il pioppo è stata prodotta nel 1960 da un'azienda italiana e si basa su un concetto tutt'ora in uso. L'attrezzo è una trivella montata nel retro di un trattore agricolo e azionata dalla presa di forza. La trivella è cava e larga a sufficienza da contenere il fittone di un pioppo maturo (Foto 33). Il trattore si avvicina alla ceppaia e calandovi sopra il cilindro lo spinge nel terreno sino a una profondità di circa 150 cm. Poi la trivella viene sollevata e la "carota" di suolo e ceppaia al suo interno viene espulsa da un pistone. L'attrezzo è dotato anche di un paio di lame montate sul bordo terminale del tubo, con la funzione di agevolare la penetrazione nel terreno e macinare le radici laterali rimanenti, facilitando le successive lavorazioni.



Foto 33. L'estratte a trivella è costituito da un cilindro largo a sufficienza da contenere il fittone di un pioppo maturo.

Gli estrattori a trivella sono stati ampiamente utilizzati in Italia e all'estero, specialmente in Ungheria e nei Balcani, in quanto si sono rivelati ideali per alberi con un forte apparato radicale fittonante (pioppi, pini, ecc.). Per contro l'estrazione a cilindro produce "carote" sporche che richiedono la rimozione del terreno. Un sistema di pulizia meccanica, che riesce a operare già in campo, consente di ridurre il tempo di stoccaggio e i costi di trasporto: quest'operazione viene tipicamente realizzata con pulitori a flagelli, montati su rimorchi ruotati e trainati da caricatori semoventi o trattori agricoli (Foto 34 e 35).

In alternativa il pulitore può essere montato direttamente sul caricatore gommato, migliorando la mobilità in campo (Figura 12, Foto 36, 38 e 39). In questa configurazione i due assi a flagelli (catene), azionati da motori idraulici indipendenti, sono direttamente connessi alla pompa del caricatore. Lo schema di lavoro tipico consiste nel muoversi lungo le file di ceppaie già estratte, prelevarle una alla volta e inserirle nel pulitore per alcuni secondi. Le ceppaie pulite vengono raggruppate in piccoli cumuli (anche lanciandole per alcuni metri), facilitando le successive fasi di carico e trasporto. Lo stesso



Foto 34. Un caricatore forestale può trainare e azionare il pulitore a flagelli mantenendo invariate la sua mobilità e produttività.



Foto 35. Il pulitore può essere azionato da un comune trattore agricolo, ma in questo caso sarà necessaria una pompa idraulica addizionale per alimentarlo assieme al braccio idraulico.

caricatore semovente viene utilizzato per riempire autocarri a tre assi direttamente in campo. Nel caso in cui le condizioni del terreno non consentano l'uso di autocarri, l'estrazione del materiale viene effettuata con rimorchi di grande capacità, portati da trattori agricoli.

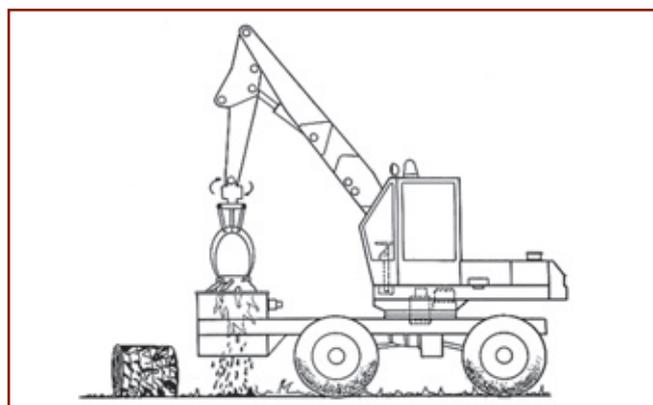


Figura 12. In alternativa il pulitore può essere montato direttamente sul caricatore gommato, migliorando la mobilità in campo.



Foto 36. Le ceppaie pulite vengono raggruppate in piccoli cumuli, facilitando le successive fasi di carico e trasporto.

Utilizzando questa tipologia di macchine, i terzisti hanno sviluppato dei sistemi di raccolta efficienti ed economici. I mezzi utilizzati per l'estrazione e la pulizia delle ceppaie sono in genere basati su macchine non specializzate facilmente reperibili sul mercato, ma capaci di garantire produttività elevate, se operate in condizioni favorevoli. In principio il cantiere richiede l'intervento di tre squadre: il gruppo di estrazione, quello di pulizia e carico, per chiudere con la squadra dei trasportatori. Generalmente questi operatori lavorano separatamente e coincidono soltanto nelle fasi di carico, quando il caricatore interrompe la sua attività di pulizia e accumulo per caricare l'automezzo. In caso di necessità, il trattore impiegato per l'estrazione delle ceppaie può trainare gli autocarri carichi fuori dai campi.

Gli estrattori di ceppaie possono essere montati su trattori agricoli (Foto 37) o su motrici dedicate e, in entrambi i casi, sono possibili svariate versioni. In generale i trattori agricoli impiegati per questo scopo dovrebbero essere macchine moderne e con una potenza di almeno 100 kW. Possibilmente il trattore dovrebbe montare



Foto 37. Un estrattore di ceppaie a trivella montato su trattore agricolo al lavoro in un pioveto.

controlli elettro-idraulici integrati e pompa ausiliare, con lo scopo rispettivamente di migliorare la manovrabilità e di accelerare la fase di penetrazione. Macchine così allestite possono raggiungere una produttività di 150 ceppaie per ora di lavoro (inclusi tempi morti), ovvero circa il doppio di unità meno potenti e il 50% in più di trattori con la stessa potenza, ma senza controlli dedicati. Il maggior costo di queste macchine è ampiamente compensato dalla maggiore produttività, tanto che le macchine più leggere (ed economiche) sono tendenzialmente idonee soltanto ad un uso non professionale, a causa della loro ridotta produttività.

Come già visto la pulizia delle ceppaie viene effettuata con un pulitore a flagelli trainato da un trattore agricolo o da un caricatore semovente. Nel primo caso, il sistema idraulico del mezzo non è sufficiente per azionare al contempo il braccio idraulico e il pulitore, per cui richiederà il montaggio di una pompa ausiliare. Il caricatore ha invece già un sistema idraulico sufficiente ad azionare il pulitore, per di più questo può essere montato sul mezzo, piuttosto che trainato su un rimorchio, guadagnando in agilità e produttività. I caricatori forestali hanno quindi migliori prestazioni: riescono a pulire 170 ceppaie per ora e completare il carico di un autocarro a tre assi (400 ceppaie) in 15 minuti di lavoro netto. La rapidità nella fase di carico è particolarmente importante, poiché in quest'operazione sono coinvolti vari mezzi che, in caso di operazioni lente e inefficienti, fanno aumentare rapidamente il costo complessivo del cantiere. In confronto i trattori agricoli sono meno manovrabili e hanno bracci idraulici meno efficaci, per cui arrivano a una produttività massima di 250 ceppaie per ora, inoltre impiegano più tempo per la fase di pulizia delle ceppaie per via della poca potenza idraulica disponibile. In generale i suoli argillosi rendono più difficile la pulizia delle ceppaie, sia perché l'argilla è più difficile da rimuovere rispetto alla sabbia, che per la diversa conformazione dei fittoni cresciuti in terreni argillosi, più tozzi e ramificati.

I mezzi di trasporto più comunemente utilizzati sono autocarri a tre assi o rimorchi agricoli (sempre a tre assi), entrambi da 10 tonnellate. Gli autocarri sono più veloci rispetto ai trattori con rimorchio, per cui possono coprire la stessa distanza in tempi minori, sia vuoti che pieni (Foto 38). Per di più i comuni trattori agricoli hanno un costo orario simile a quello degli autocarri e, rispetto a questi ultimi, effettuano il trasporto a un costo unitario del 35-50% in più. Il trasporto è sicuramente il collo di bottiglia dell'intero cantiere di recupero delle ceppaie e può limitare la produttività complessiva. In questo senso una valida soluzione potrebbe essere rappresentata dai trattori veloci (Foto 39), che possono garantire una buona mobilità in campo ed un'elevata velocità su strada (circa 80 km all'ora).



Foto 38. Gli autotreni riescono a muoversi direttamente dentro il campo se il terreno è asciutto, in questo modo il caricatore li può riempire rapidamente riducendo di molto i tempi di attesa.



Foto 39. I trattori veloci con rimorchi a tre assi potrebbero essere un buon compromesso tra mobilità fuori pista e velocità su strada.

La ceppaia media, pulita dal terreno, ha un peso fresco medio di 58 kg, con un'umidità del 42,3% sul fresco, ovvero 33 kg di sostanza secca. Da un pioppeto si estraggono in media 18 tonnellate di sostanza fresca per ettaro di sole ceppaie, corrispondente a circa 10 tonnellate secche. In Italia l'asportazione degli apparati radicali è ancora considerato come un servizio offerto al proprietario del terreno, che è disposto a pagarlo tra 200 e 300 € per ettaro. Considerando 10 tonnellate di sostanza secca per ettaro, abbiamo da 20 a 30 € per tonnellata per coprire i costi di raccolta, un'integrazione considerevole che spiega il perdurare di operazioni condotte con sistemi poco efficienti. Con un mercato della biomassa più dinamico, la competizione tra i terzisti per accaparrarsi la materia prima porterebbe ad una riduzione del contributo del proprietario, costringendo gli operatori ad adottare soltanto sistemi di raccolta ottimizzati. Già allo stato attuale la produttività del cantiere tipo è di molto superiore a quella riportata per le prime versioni della stessa tecnologia, che si attestava tra 30 e 60 cep-

paie per ora. È più difficile fare un confronto con il sistema di estrazione scandinavo, poiché sia il cantiere, sia le condizioni di lavoro (campo, ceppaie, specie arborea, ecc.), sono radicalmente diverse. Per il dominante cantiere *Pallari*, la produttività si attesta tra 10 e 20 m³ per una giornata di lavoro (8 ore). Questi valori includono estrazione, pulitura e sezionatura delle ceppaie e accumulo in una zona di stoccaggio a bordo campo. Nel recupero di ceppaie di pioppo, considerando una densità del legno di 850 kg/m³, si ha una produttività giornaliera che oscilla tra 15 e oltre 35 m³ per le operazioni di estrazione, pulitura e carico. Il miglior risultato è certamente dovuto anche alle più agevoli condizioni di lavoro offerte dalle piantagioni di pioppo in terreno agricolo.

LE NUOVE TECNICHE DI COLTIVAZIONE: PIOPPI PER BIOMASSA E CELLULOSA

Le caratteristiche di rapido accrescimento dei pioppi hanno portato alla definizione di un nuovo tipo di piantagioni, in risposta alla crescente richiesta di materie prime, come cippato per energia o cellulosa per l'industria. Il fine di queste piantagioni è quello di massimizzare la produttività per ettaro a scapito delle caratteristiche qualitative del legno (praticamente irrilevanti in questo contesto); sono coltivate con una tecnica nota come "ceduo a turno breve", anche conosciuta come SRC (acronimo del termine *Short Rotation Coppice*). Il ceduo a turno breve viene realizzato coltivando specie arboree a rapido accrescimento su suoli agricoli, con densità di impianto particolarmente alta. La coltivazione è decisamente intensiva, particolarmente per l'alto grado di meccanizzazione impiegato in ogni fase di sviluppo. La ceduzione avviene con turni di 1-3 anni (sino ad 8 negli impianti per cellulosa) e la rigenerazione avviene per ricaccio delle ceppaie. Dal momento dell'introduzione del concetto di "*grassland forestry*" nei tardi anni '60, questa pratica è stata studiata in molti Paesi con la finalità comune di massimizzare la produzione di biomassa. Grazie agli sforzi della ricerca, la tecnica del ceduo a turno breve è passata rapidamente dallo stadio teorico a un reale sistema per la produzione di biomassa. Attualmente esistono piantagioni commerciali di SRC in molti Paesi europei, differenziandosi prevalentemente per la specie utilizzata: salice nei Paesi del nord Europa come Svezia, Regno Unito e Polonia; pioppo nei paesi centro-sud europei come Spagna, Italia e Germania. In terreni fertili i cloni, specificamente selezionati per la coltivazione a ceduo a turno breve, possono produrre sino a 15 tonnellate di sostanza secca per ettaro all'anno. Esistono diversi schemi di piantagione e coltivazione, che differiscono fondamentalmente per il turno di taglio e la densità di impianto:



Il ceduo a turno brevissimo viene raccolto con turno annuale e presenta una densità di piantagione superiore alle 10.000 piante/ha. Il sesto di impianto prevede file doppie, con una distanza di 70-80 cm tra le file gemelle e un interfila di 1,8-2,8 m tra le coppie di file. Il diametro dei fusti arriva a 2-3 cm (a livello del taglio), con massimi di 6-8 cm. Da qualche anno comunque impianti di ceduo a turno brevissimo non sono più costituiti.

Il ceduo a turno breve viene raccolto con turno biennale: le piante sono piantate su file singole, con sesto di 3 m tra le file e 0,5-0,6 m lungo le file. La densità finale delle piante è di 6-7.000 piante/ha. Il diametro a livello del taglio arriva a 10-12 cm.

Le piantagioni a turno medio adottano turni di taglio più lunghi, per la produzione di assortimenti di maggior valore, come il tondello da cartiera. Gli alberi hanno un diametro superiore a 15-20 cm al livello del taglio e le utilizzazioni possono essere effettuate con comune attrezzatura forestale. Il turno è di 5 o più anni e non sempre la piantagione viene rigenerata per ricaccio da ceppaia (ceduo): infatti, in alcuni casi, si preferisce ripiantare utilizzando nuovi cloni.

La raccolta dei cedui a turno breve di pioppo

Il ceduo a turno breve non è comparabile né con la selvicoltura né con la comune agricoltura: si tratta di un tipo di piantagioni completamente nuove, che richiedono soluzioni gestionali totalmente innovative. Poiché la raccolta è una delle operazioni chiave nella gestione delle piantagioni di SRC, la questione della raccolta per questi impianti è stata sollevata già 20 anni fa. Infatti l'unico prodotto di queste piantagioni è la biomassa le-

gnosa combustibile, una materia prima che deve avere un prezzo unitario relativamente ridotto per competere sul mercato dei prodotti energetici. Per questa ragione il margine di guadagno dell'investimento in SRC è relativamente ridotto e le operazioni di raccolta e trasporto, che possono arrivare anche ad oltre il 70% dei costi totali, devono essere il più efficienti ed economiche possibile. Per la raccolta di SRC sono stati sperimentati, in un primo momento, sistemi manuali, equipaggiamento forestale convenzionale e macchine agricole non modificate, tutti con scarso successo. Successivamente sono state sviluppate molte soluzioni alternative, grazie a numerosi progetti di ricerca applicata. I principali risultati di questi sforzi sono i numerosi modelli di raccogliatrici di SRC, capaci di operare in condizioni molto varie. La classificazione delle attrezzature per la raccolta della SRC, di seguito riportata, è basata sulle principali funzioni della macchina, fornendo un quadro sintetico che consente di individuare gli scenari operativi di ogni singola macchina.

La raccolta delle piantagioni di SRC comporta quattro operazioni principali: taglio, concentramento, estrazione e sminuzzatura. La principale differenza funzionale che possiamo individuare è il numero e il tipo di operazioni che ogni macchina è in grado di effettuare. In ordine di crescente integrazione troviamo i seguenti tipi funzionali:

1) *Abbattitrici*. La macchina abbatte i fusti (polloni se da ricaccio) ed eventualmente li concentra in andane o cumuli. I tronchi vengono poi trasportati da un secondo mezzo, che li porta in una zona di accumulo o al cippatore (Foto 40). Un'alternativa è data da macchine tipo *chipforwarder* che raccolgono, cippano ed estraggono il tutto in una sola operazione.



Foto 40. Un abbattitore, costituito da una sega circolare portata posteriormente da un trattore, taglia i fusti e li fa cadere lateralmente. Segue un trattore con pinza frontale che li raccoglie e li va ad accumulare in capezzagna, dove sono stoccati in attesa della cippatura.



- 2) *Abbattitrici-imballatrici*. La macchina abbatte le piante e le raccoglie in fasci (o balle), che sono poi lasciate sul terreno come comuni rotoballe. Queste sono raccolte successivamente da un secondo mezzo, spesso un *forwarder* o un trattore agricolo con rimorchio forestale.
- 3) *Abbattitrici-raccogliatrici*. La macchina abbatte i fusti e li carica su un pianale o in un vano integrato nel mezzo (Foto 41). Una volta pieno si trasferisce per scaricare le piante in capezzagna o in un piazzale. La cippatura è l'unica operazione effettuata da una seconda macchina.



Foto 41. Questo prototipo di abbattitrice cingolata raccoglie i fusti interi e li carica nel pianale posteriore.

- 4) *Abbattitrici-trinciatrici*. La macchina abbatte, raccoglie e sminuzza le piante, trasportando il cippato sino in capezzagna. In alternativa il trasporto può essere effettuato da trattori con rimorchio che consentono all'abbattitrice di concentrarsi sull'attività principale (Foto 42). L'uso di mezzi di appoggio, con rimorchio, è particolarmente importante quando le distanze di estrazione sono elevate.



Foto 42. Trincia-mais modificata al lavoro su piantagioni di pioppo di 3 anni.

I sistemi in uso

Per quanto tutte le quattro tipologie di macchinari siano effettivamente in uso, le abbattitrici-trinciatrici sono di gran lunga le più comuni. Tra queste, le macchine derivate da trincia-mais costituiscono il sistema più utilizzato per la raccolta di ceduo a turno breve e brevissimo, sostituendo la testata da erbacea con una specifica per abbattere le SRC (visibile nella Foto 43). La trincia-raccogliatrice viene assistita da 2-4 trattori con rimorchio, che ricevono il cippato e lo trasportano sino al punto di scarico. Il numero di trattori dipende dalla produttività della trinciatrice e dalla distanza tra il campo e il punto di scarico. In un cantiere ben organizzato l'abbattitrice-trinciatrice, di gran lunga la macchina più costosa, non è mai costretta a fermarsi per mancanza di rimorchi da riempire.



Foto 43. Testata dedicata per la raccolta di SRC.

Nel più tipico schema di lavoro il trattore con rimorchio si muove parallelamente alla trinciatrice che soffia il cippato perpendicolarmente alla direzione di avanzamento (Foto 44). Un secondo trattore può seguire quello in fase di carico per sostituirlo rapidamente una volta riempito il rimorchio. Al terminare della fila di piante, entrambe



Foto 44. Il trattore procede affiancato alla trinciatrice, una volta pieno, trasporta il cippato al punto di scarico mentre un secondo trattore lo sostituisce.

le macchine, trinciatrice e trattore con rimorchio, svoltano in capezzagna ed entrano rispettivamente in una nuova fila da tagliare e in un corridoio (a cavallo di una fila tagliata). La svolta è più agevole quando si completa in una fila situata a una certa distanza da quella appena raccolta (20-40 m), per cui l'abbattimento procede in generale a partire dagli estremi laterali della piantagione. Questo sistema richiede la presenza di un corridoio libero lateralmente alla fila da tagliare, ma i proprietari non sono generalmente disposti a lasciare strisce di terreno inutilizzato, portando a piantagioni di difficile ingresso. Quindi all'inizio della raccolta è necessario "aprire" la piantagione: la trinciatrice abbatte una fila seguita da un trattore con rimorchio (Foto 45). Il cippato viene soffiato nel rimorchio passando sopra la cabina del trattore. Una volta in capezzagna le due macchine svoltano ed aprono un secondo corridoio a 5-15 file di distanza. Con i due corridoi pronti il lavoro prosegue con celerità.



Foto 45. Il trattore con rimorchio segue la trinciatrice mentre "apre" la piantagione.

Il sistema di raccolta basato su trincia-mais modificate ha una produttività molto elevata, che varia tra 10 e 40 tonnellate fresche per ora di lavoro (t s.f./h), con un va-

lore medio di 25-30 t s.f./h. Il relativo costo di raccolta varia tra 15 e 30 €/t, includendo il trasporto sino a un punto di scarico provvisorio (dove la biomassa verrà caricata su mezzi stradali per il trasporto all'utilizzatore finale). Le migliori prestazioni sono legate a una serie di fattori: buone condizioni di terreno, attrezzatura adeguata, elevata densità dei fusti e sesto di impianto ben calibrato. Una trinciatrice è una macchina pesante, che non può operare su terreni umidi o pendenti. Inoltre, questo tipo di macchine, non può raccogliere fusti troppo grandi e fitti: la pianta abbattuta deve essere portata a una posizione quasi orizzontale per poter alimentare il tamburo trituratore e, se sono eccessivamente lunghe e troppo vicine tra di loro, spesso si incastrano nelle piante ancora da abbattere, intasando la testata. Questo problema non si verifica quando le piante sono piccole, poiché sono più basse e flessibili e possono essere facilmente piegate per alimentare correttamente il tamburo trituratore. Per questa ragione, la raccolta di piante ben sviluppate richiede un sesto di impianto spazioso, che lasci ai fusti abbattuti la possibilità di portarsi in posizione orizzontale senza incastrarsi nelle chiome delle piante in piedi. Nel caso di file binate, la distanza tra le due file deve essere attentamente valutata, poiché la maggior parte delle macchine per la raccolta sono progettate per file distanziate 70-80 cm: ogni variazione può complicare la raccolta fino a renderla eccessivamente costosa. La distanza di interfila tra le coppie di file binate deve a sua volta consentire il transito dei mezzi e generalmente si attesta tra i 2,4 e 2,8 m. Le stesse testate possono abbattere piantagioni a fila singola tagliandola in posizione decentrata, ma in questo caso l'interfila deve essere di almeno 3 metri: normalmente queste piantagioni ricadono nella categoria del ceduo a turno breve con turno biennale e piante di dimensioni maggiori.

I trattori con rimorchio trasportano la biomassa al punto di scarico, che può essere un piazzale pavimentato presso l'azienda o un'area vicina ai campi e accessibile per i mezzi stradali. Il cippato viene rapidamente scaricato a terra, formando cumuli anche piuttosto grandi e generalmente viene trasferito in centrale entro un ridotto lasso di tempo. Il carico degli autocarri è un'operazione indipendente, che viene effettuata preferibilmente con caricatori telescopici o escavatori dotati di apposite benne (Foto 46). L'operazione è rapida, ma comporta una certa perdita di materiale poiché il cippato, a contatto con il terreno, è eccessivamente contaminato con terra e pietre per essere incluso nel carico.

Un'alternativa logistica può essere data dai container scarrabili. In questo caso i trattori di appoggio scaricano container pieni e ne montano di vuoti sul rimorchio. Gli autocarri lasciano in piazzale i container che hanno svuotato in centrale e ne caricano altrettanti già riempi-



Foto 46. Carico di un semirimorchio con pala telescopica.

ti, con una chiara interdipendenza tra le macchine (Foto 47). In questo caso gli autocarri dovrebbero riuscire a riportare i container vuoti prima che la trinciatrice abbia riempito quelli a disposizione, altrimenti la raccolta deve interrompersi sino al loro arrivo. La disponibilità di un grande numero di container può funzionare da tampone, ma questa soluzione richiede un'attenta pianificazione e aree di scarico piuttosto grandi.

Gli aspetti pratici

Il successo della raccolta è strettamente legato al modo con cui viene realizzata la piantagione, considerando che la produttività della macchina dipende dalle condizioni della coltura. Un impianto ideale ha una forma rettangolare, con ampie capezzagne e accessi intermedi ogni 150 m. La pendenza laterale deve essere evitata (Figura 13). Le zone più umide andrebbero drenate con fossi paralleli alle file. Le file devono essere regolari e il sesto di impianto pensato in funzione della macchina che verrà utilizzata per la raccolta. In breve andrebbero applicate le stesse precauzioni che si adottano per le comuni colture agricole. Infatti i principali limiti alle operazioni di raccolta sono legati all'uso dei trattori agricoli con rimorchio per il trasporto del cippato. La scelta sta tra un'attenta pianificazione della piantagione o l'utilizzo di una flotta di mezzi da alta mobilità, specifici per le operazioni su SRC, essendo quest'ultima un'opzione molto più costosa.

Durante la piantagione, gli imprenditori agricoli dovrebbero tenere a mente le seguenti linee guida se vogliono effettuare agevolmente la raccolta della biomassa. Que-



Foto 47. Logistica su container della biomassa.



sto non significa che altre configurazioni non permettano la raccolta, ma soltanto che queste possono ridurre la produttività del cantiere di raccolta e/o aumentare i danni alle piante.

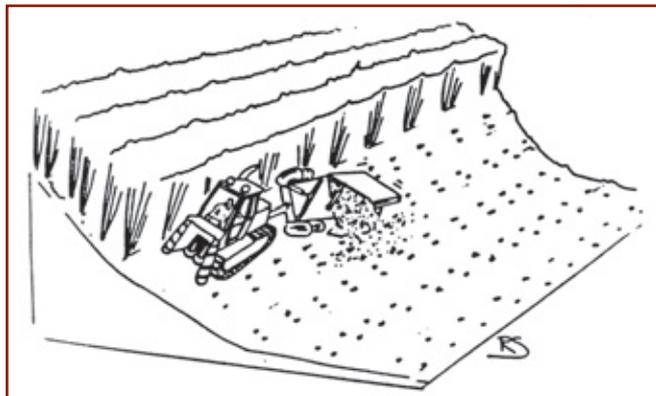


Figura 13. La pendenza laterale andrebbe evitata durante la pianificazione di impianti SRC.

La scelta del sito

Gli impianti di SRC sono spesso visti come una soluzione per valorizzare i terreni agricoli marginali. Se però si desidera ottenere un profitto dalla produzione di biomassa, è necessario evitare le condizioni estremamente sfavorevoli o mitigarle in qualche modo. I suoli eccessivamente umidi sono il tipico esempio di terreno marginale utilizzato per la piantagione di SRC di salice (in Nord Europa). La maggior parte delle macchine per la raccolta non possono transitare su terreni umidi (Figura 14) e la raccolta in questi tipi di terreni può essere effettuata soltanto quando il terreno è congelato. In alternativa è possibile realizzare un sistema di drenaggio che riduca l'eccesso di umidità, consentendo al contempo un miglior accesso alle macchine e un miglior sviluppo delle piante. In questo caso è consigliabile una rete di fossi paralleli alle file, limitando al minimo l'attraversa-



Figura 14. Il terreno umido limita le operazioni di raccolta, rallentando le macchine raccogliatrici, ma soprattutto i trattori con rimorchio.

mento dei drenaggi con le macchine. I sistemi di drenaggio sotterranei vengono rapidamente resi inefficaci dalle radici delle piante e andrebbero utilizzati soltanto come raccordi nelle capezzagne e negli accessi intermedi (Figura 15).

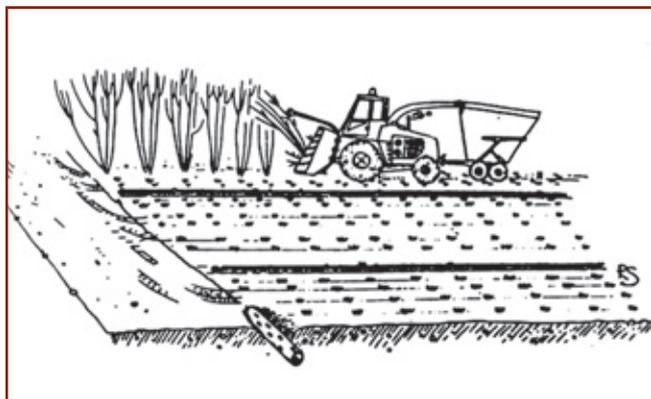


Figura 15. Un sistema di drenaggio efficace può aumentare i giorni utili per la raccolta nel periodo invernale.

Lo schema della piantagione

In genere la forma del campo segue i confini della proprietà. Questo aspetto non può essere cambiato, ma è necessario cercare di disegnare la piantagione nel modo più razionale possibile.

La piantagione ideale ha una forma rettangolare con accessi laterali ogni 150 m. Questi accessi consentono ai trattori con rimorchio di uscire agevolmente dal campo per muovere verso il punto di scarico (Figura 16). Gli accessi laterali sottraggono un po' di area produttiva, ma evitano il transito dei mezzi all'interno della piantagione, limitando i danni. Capezzagne e accessi laterali dovrebbero essere inerbiti e larghi a sufficienza (6-8 m), per consentire ai trattori con rimorchio di uscire e entrare nel campo senza danneggiare le ceppaie in testata.

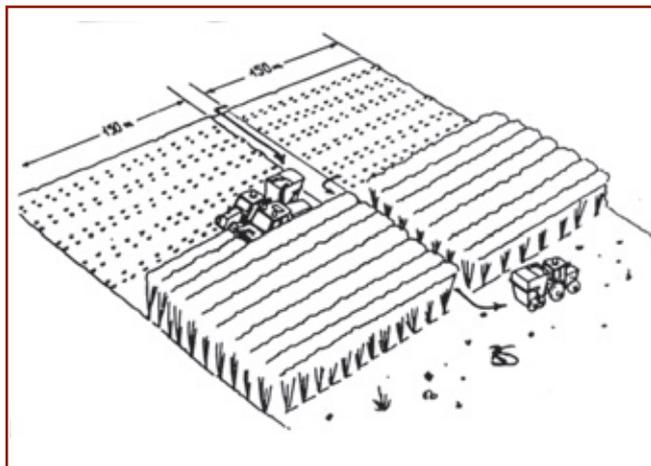


Figura 16. L'ideale schema di piantagione con frequenti accessi laterali.

Le capezzagne

Le capezzagne devono essere ampie a sufficienza per manovrare i mezzi. Uno spazio inadeguato costringe le macchine a complicate manovre improduttive e dannose per il suolo (Figura 17). Per il transito e la svolta una larghezza di 8 m è sufficiente, ma se l'area deve essere utilizzata anche per scaricare il materiale o per la movimentazione dei container sarà necessario ampliarla. In caso di deposito della biomassa o dei fusti in capezzagna andrà considerato il tempo di stoccaggio e l'eventuale necessità di transito nell'area per altri usi del terreno.



Figura 17. La capezzagna deve essere sufficientemente ampia da consentire la svolta delle macchine da raccolta e dei trattori con rimorchio.

La lunghezza delle file e la larghezza delle interfile

Sarebbe opportuno evitare file di piante troppo corte, che implicano molte svolte e un tempo operativo relativamente ridotto (Figura 18). Talvolta le file sono così corte che la svolta richiederebbe più tempo che riposizionarsi a marcia indietro. Un valore di riferimento per la lunghezza delle file può essere di 100-150 m, poiché con la provvigione tipica una trinciatrice completa un ri-

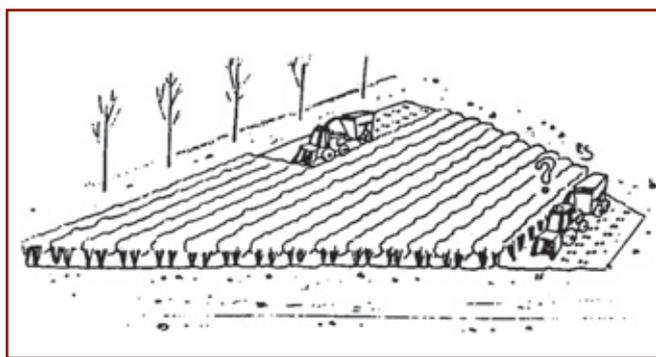


Figura 18. File eccessivamente corte riducono la produttività del cantiere di raccolta, imponendo frequenti svolte.

morchio entro questa distanza. Per questa stessa ragione nei campi di forma allungata andrebbero previsti gli accessi laterali ogni 150 m (vedi sopra).

Le file dovrebbero inserirsi perpendicolarmente alle capezzagne e agli accessi laterali, consentendo alle macchine di affrontare le file da entrambe le direzioni raccogliendo indifferentemente nei due possibili sensi di marcia. Se il campo ha una forma irregolare, restringendosi all'estremo della capezzagna, le file dovrebbero orientarsi verso questa negli ultimi 10-20 m, entrandovi perpendicolarmente (Figura 19). L'interfila è fondamentale per la produttività della raccolta. Anche se la maggior parte delle attrezzature per la raccolta possono affrontare diverse tipologie di piantagioni, un'abbattitrice per fila doppia sarà meno produttiva su una fila singola (e viceversa). Per questo al momento dell'impianto è importante informarsi sulle macchine che saranno probabilmente disponibili nella zona per effettuare la raccolta negli anni a venire.

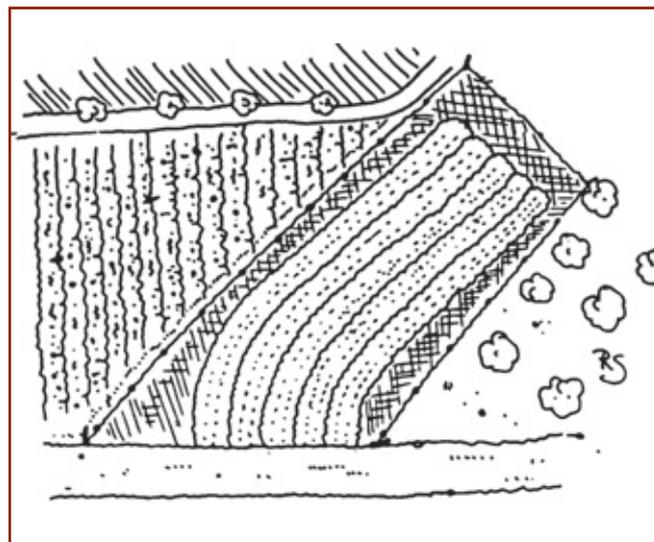


Figura 19. Le file di piante dovrebbero adattarsi per incontrare la capezzagna perpendicolarmente.

Turni di taglio molto brevi richiedono elevate densità di piantagione lungo la fila, dell'ordine di 40-60 cm. Charamente molto dipende dallo sviluppo delle piante. Se ci si aspetta che i fusti raggiungano una considerevole altezza, allora il sesto di impianto deve essere ampio, particolarmente se la raccolta verrà effettuata con una macchina abbattitrice-trinciatrice. Queste attrezzature infatti devono generalmente portare il fusto in posizione orizzontale per poter alimentare l'organo di cippatura. Se le piante sono più alte di 5-6 m e ramosi o di grandi dimensioni, un sesto di impianto fitto aumenta il rischio che si incastrino tra di loro durante l'abbattimento, bloccando la macchina.

LA RACCOLTA DELLE “PIANTAGIONI DA FIBRA” O DI CEDUO A TURNO MEDIO

Le “piantagioni da fibra” sono una via di mezzo tra il ceduo a turno breve, coltivato per fini energetici e la pioppicoltura tradizionale, gestita per produrre assortimenti legnosi di valore. Queste piantagioni sono progettate per produrre fibra di qualità sufficiente ad alimentare le industrie della cellulosa e i pannellifici. Gli alberi sono piantati con una densità inferiore rispetto alle SRC, ma ben superiore rispetto a un tradizionale pioppeto da legno. Anche il turno di taglio risulta essere intermedio tra 1-3 anni delle prime e 10-14 anni del secondo. Il pioppo è la specie più utilizzata per questo tipo di impianti, che vengono gestiti con turni di 5-8 anni, a seconda dell’incremento medio annuo e degli assortimenti desiderati. Per la piantagione vengono messi a dimora astoni o talee su file singole, con una distanza di 2–2,5 m lungo la fila e un’interfila di 3 m (1.300–1.700 piante/ha). Al momento del taglio il diametro a petto d’uomo può superare i 15 cm e la rigenerazione può avvenire per ricaccio da ceppaia oppure distruggendo i vecchi apparati radicali e reimpiantando, generalmente utilizzando nuovi cloni. Quest’ultimo sistema è in uso soprattutto negli Stati Uniti, dove queste piantagioni sono coltivate per la produzione di fibra come assortimento principale, associato a diversi prodotti secondari come la biomassa combustibile. Nel bacino del fiume Columbia (zona nord-occidentale degli stati di Oregon e Washington), alcune grosse industrie del legno hanno piantato oltre 10.000 ha di questa tipologia di pioppeto. Ma soluzioni simili sono sempre più comuni anche in altri Paesi, tra cui il nostro, con una crescente presenza dei cosiddetti impianti di ceduo a turno medio. Spesso queste piantagioni hanno finalità multipla e la biomassa è soltanto uno dei prodotti ricercati dai proprietari.

Questo tipo di impianti è facile da raccogliere, poiché offre tutti i vantaggi del terreno pianeggiante, della struttura arborea omogenea e del taglio a raso, che consentono di applicare una grande gamma di opzioni tecniche per la raccolta. Tra le altre, è possibile adottare le comuni tecnologie forestali per la raccolta dei cedui a turno medio, ma per via del diametro relativamente piccolo delle piante, è necessario adottare soluzioni specifiche che garantiscano una buona produttività delle operazioni. Negli Stati Uniti, dove le piantagioni hanno grandi estensioni, i sistemi di raccolta sono ottimizzati con soluzioni per l’abbattimento di più piante per ciclo di lavoro; in Italia invece le piantagioni sono piccole e sparse sul territorio, per cui è raccomandabile utilizzare mezzi leggeri e dotati di elevata mobilità. In termini generali un sistema di raccolta sovradimensionato rispetto alle piante da utilizzare può essere un grande vantaggio per gli imprenditori agricoli: infatti quando l’impianto giunge a maturità questi possono liberamente decidere se abbattere o meno i

funzione dell’andamento del mercato. Se il prezzo degli assortimenti che ci si aspetta di produrre è basso, il taglio può essere posticipato, lasciando che la provvigione legnosa aumenti con il tempo. Una maggiore dimensione delle piante non farà altro che incrementare la produttività delle operazioni di raccolta. All’opposto, con gli impianti di SRC si è costretti ad abbattere le piante a un’età definita, altrimenti la trinciatrice modificata non riuscirà a gestire quelle di diametro eccessivo.

Sistemi di raccolta nel Nord America

Nelle piantagioni nordamericane, in cui si è accumulata la maggior esperienza pratica sin’ora disponibile, sono comunemente utilizzati due sistemi di raccolta:

Sistema ad accumuli periferici. Questo sistema si basa su accumuli di materiale nella capezzagna di ogni particella raccolta (ogni azienda è costituita da numerose particelle). È stato utilizzato sin dagli inizi in questo tipo di piantagioni ed è ancora molto comune, grazie alla sua semplicità. Gli alberi vengono abbattuti e accumulati con una testata a cesoia montata su una macchina dedicata, che lavora quattro file contigue alla volta (Foto 48 e 49). I cumuli sono poi raccolti con una pala



Foto 48. Una macchina dedicata può essere utilizzata come alternativa all’escavatore. Il modello qui riportato abbatte le piante e le carica nella pinza posteriore.



Foto 49. Quando il carico è completo l’abbattitrice si sposta lateralmente e lascia a terra il fascio di piante pronto per essere trasportato fuori campo.

gommata (Foto 50) e trasportati sino a un'unità cippatrice-sramatrice-scortecciatrice (CSS) posizionata a bordo campo (Foto 51). La pala gommata ha un raggio d'azione di 300 m dal cippatore: quando la distanza di trasporto diviene superiore la cippatrice stessa viene riposizionata. Il cippato pulito viene soffiato direttamente dentro al semirimorchio ad una distanza di 15-16 m. Una seconda pala gommata, più piccola, si occupa di rimuovere e accatastare i residui prodotti dalla CSS. Grazie alla sua semplicità e relativa efficienza, questo sistema viene considerato come riferimento per ogni confronto.



Foto 50. Una potente pala gommata viene utilizzata per trasportare il fascio di piante sino alla piazzola di scarico.



Foto 51. Allo scarico l'unità cippatrice-sramatrice-scortecciatrice carica direttamente i rimorchi.

Sistema ad accumulo centralizzato. Questo sistema è totalmente diverso e si basa su un'unica area di accumulo del materiale, posta in posizione baricentrica all'azienda. Il piazzale è equipaggiato con attrezzature semi-permanenti, che consentono di ridurre le perdite di processo, semplificare il trasporto e facilitare la gestione del materiale. L'accumulo centralizzato viene considerato vantaggioso quando i turni di taglio sono

più lunghi, dato che le attrezzature del piazzale centrale possono assortimentare il tondame in maniera più efficace. Le piante vengono abbattute e accumulate con una testata a disco montata su una motrice forestale dedicata (Foto 52). La scelta del sistema a disco, piuttosto che la cesoia, dipende dall'esigenza di non danneggiare il legno del calcio delle piante, cosa che deprezzerebbe gli assortimenti ritraibili. Le cesoie, che causano una compressione delle fibre del legno, sono utilizzabili soltanto quando non si producono assortimenti legnosi di qualità (con turni più corti). Le piante vengono raccolte con un *forwarder* pesante, che le carica su un semplice rimorchio artigianale. Una volta pieno questo viene trainato dal *forwarder* sino al bordo strada e da qui viene portato al piazzale con vecchi autocarri ricondizionati (Foto 53). La distanza complessiva è di circa 200 m per il *forwarder* e oltre 5 km per l'autocarro. Al piazzale le piante vengono scaricate con un caricatore industriale e impilate. Gli alberi più grandi vengono separati durante il trasporto, caricandoli su rimorchi separati. Anche questi vengono scaricati con il caricatore industriale e portati a un processore per l'assortimentazione del legname. In questo modo il piazzale avrà tre cataste separate: una per il tondame da sega, ottenuto dal processore, uno per i cimali scartati da questo e uno per le piante più piccole, dalle quali non è possibile ritrarre tondame di valore. Un caricatore gommato alimenta un'unità CSS con i cimali e le piante più piccole e rimuove il residuo prodotto. Il CSS scarica il cippato in una coppia di silos della capacità di circa 1,5 semirimorchi ciascuno. Gli autocarri vengono caricati con un nastro direttamente dai silos, che in questo modo funge da tampone e riduce i fermo macchina dovuti all'interazione tra cippatore e mezzi di trasporto. Inoltre il carico dai silos è più rapido che non utilizzando direttamente il cippatore e grazie al minor tempo impiegato per completare ogni ciclo di trasporto, è possibile utilizzare un minor numero di mezzi.



Foto 52. L'abbattimento viene effettuato con testate a disco, montate su motrici dedicate. In questo caso il mezzo traina anche il rimorchio per piante intere.

Infine gli autocarri non devono lasciare la strada asfaltata, poiché il piazzale viene ubicato lungo la strada aziendale principale, per cui il tempo di viaggio, il consumo di combustibile e l'usura dei mezzi sono sensibilmente ridotti.



Foto 53. A bordo strada i rimorchi pieni vengono agganciati da vecchi autocarri ricondizionati, per essere trainati sino al piazzale centrale.

Entrambi i sistemi di lavoro possono produrre più di 400 tonnellate di sostanza fresca al giorno, con un costo complessivo \$15-30 (12-24 €) per tonnellata fresca. Il trasporto è sicuramente una delle principali voci di costo: a seconda della distanza può rappresentare dal 30 al 70% del costo totale degli assortimenti legnosi. Il sistema di accumulo centralizzato è più complesso e ha un costo di abbattimento ed estrazione superiore del 20% circa, ma si compensa ampiamente grazie ai minori costi di trasporto e al maggior profitto legato alla miglior valorizzazione degli assortimenti.

Entrambi i sistemi producono grandi quantitativi di residui, circa 3 carichi ogni 10 di cippato pulito. Questo scarto viene generalmente raffinato con un tritatore ed utilizzato come combustibile per grandi impianti o per la produzione di compost. La gestione dei residui di utilizzazione è cruciale ed è una delle ragioni per cui i sistemi di abbattimento/allestimento a misura (*cut-to-length*) non sono comuni nella gestione di questo tipo di piantagioni nordamericane: questo sistema di lavoro infatti lascia i residui di allestimento sparsi nella particella, richiedendo un'ulteriore fase di raccolta prima della successiva piantagione. La rimozione della pianta intera, invece, consente di asportare tutto il materiale in un'unica operazione.

Altre esperienze

In altri Paesi le piantagioni a ceduo a turno medio di pioppo non sono ancora così comuni e, di conseguenza, i sistemi di raccolta sono meno specializzati. Nor-

malmente le piante vengono abbattute e concentrate con cantieri meccanizzati e successivamente cippate in campo o in capezzagna. Nel primo caso la cippatrice si muove all'interno della piantagione caricando direttamente rimorchi trainati da trattori agricoli, che li trasportano sino al punto di scarico. Qua vengono caricati in un successivo momento su autocarri per il trasporto finale. Nel secondo caso invece le piante vengono estratte dal campo in fasci con uno *skidder* a pinza o con un caricatore frontale, una volta a bordo strada vengono sminuzate con una cippatrice industriale e il cippato soffiato direttamente in autocarri per il trasporto.

Recentemente in Italia sono stati sperimentati diversi cantieri di raccolta alternativi, tutti basati sul concetto di cippatura in campo.

Sistema a pianta intera. L'abbattimento viene realizzato con un mini abbattitore-accumulatore, ottenuto equipaggiando un mini caricatore con una testata dotata di sega a disco e braccia di accumulo (Foto 54). Questa macchina può abbattere e accumulare due piante per ciclo di lavoro, concentrando sei file di piante in una singola andana. Le piante andanate vengono poi cippate con una cippatrice semovente, alimentata da un caricatore gommato o da un escavatore. Il cippato viene caricato direttamente su rimorchi agricoli di grande volume e portati sino a un piazzale, da qui verranno poi trasferiti su autocarri per il trasporto finale. Questo sistema è efficiente ed economico, avendo il particolare vantaggio di utilizzare mezzi poco costosi ed estremamente mobili. Un piccolo autocarro può agevolmente trasportare il mini caricatore e la testata, trasferendo il cantiere rapidamente anche tra piccole piantagioni disperse. Inoltre i minicaricatori possono circolare su strada, per cui coprono autonomamente piccole distanze. L'elevato costo di trasferimento delle macchine più grandi può facilmente superare il guadagno portato dalla raccolta di piccoli appezzamenti.



Foto 54. Un mini abbattitore-accumulatore può maneggiare fino a due piante per ciclo di lavoro.



Sistema di taglio a misura (*cut-to-length*). Questo sistema si basa su un escavatore dotato di testata processore per l'abbattimento e l'allestimento delle piante (Foto 55). I tronchi vengono trasportati a bordo strada con i trattori con rimorchio, mentre i cimali vengono cippati sul posto con il sistema precedentemente descritto. Il principale vantaggio di questo sistema consiste nella valorizzazione del toname, che può spuntare un prezzo migliore sia come biomassa, che come materiale da cartiera. Inoltre i tronchi possono essere immagazzinati con maggior facilità rispetto al cippato, consentendo di creare dei depositi decentrati di combustibile.

Secondo gli studi effettuati sin'ora, il costo totale del materiale consegnato si aggira tra i 19 e 21 €/t s.f., lasciando un certo margine di guadagno. I cantieri di raccolta attualmente in uso sono sicuramente migliorabili con piccoli accorgimenti, tanto da potersi aspettare grandi incrementi di efficienza nel breve termine. In particolare andrebbero esplorate le potenzialità della cippatura a bordo strada e della produzione integrata,

strategie che l'esperienza statunitense ha dimostrato essere vincenti.



Foto 55. Un abbattitore basato su escavatore può abbattere e allestire le piante accumulando i cimali e i tronchi in diversi cumuli o diverse file.



BIBLIOGRAFIA CONSULTATA

- AA.VV.** (2003). *L'arboricoltura da legno: un'attività produttiva al servizio dell'ambiente. "Libro bianco" sulle produzioni legnose fuori foresta.* A cura di Gianfranco Minotta. Edizioni AVENUE MEDIA, Bologna.
- Adegbidi, H.G., T.A. Volk, et al.** (2001). *Biomass and nutrient removal by willow clones in experimental bioenergy plantations in New York State.* Biomass and Bioenergy, 20: 399-411.
- Baadsgaard-Jensen J.** (1983). *Metoder og maskiner til hostning, oparbejdning og transport af stodtrae.* The Danish Institute of Forest Technology, Report 3/83. Copenhagen. 46 p.
- Baldini S., Cioè A., Picchio R.** (2002). *Sicurezza ed antinfortunistica nei cantieri forestali e di manutenzione del verde urbano: valutazione dei rischi.* AGRA. 223 pp.
- Baldini S., Fabbri P.** (1985). *Guida all'uso della motosega vademecum del boscaiolo.* EDAGRICOLE, 87 pp.
- Baldini S., Picchio R.** (2003). *Meccanizzazione forestale in montagna.* Monti e boschi 2, Bologna, p.16-44.
- Bernetti G., Manolacu., Gregori M., Nocentini S.** (1980). *Terminologia forestale.* Accademia italiana di Scienze Forestali e C.N.R., Firenze.
- Blair, C.W.** (1998). *Using a chip storage bin to improve in-woods chipper efficiency and reduce chip van cycle times.* FERIC Technical Note, TN-274. 8 p.
- Cavalli R.** (2001). *Linee innovative nei processi di meccanizzazione delle utilizzazioni forestali.* CCGAFA, 9 pp.
- Cavalli R., Picchio R., Zimbalatti G.** (2003). *Motoseghe a catena portatili.* Pubblicazione da redigere nell'ambito delle attività previste dall'intesa ENAMA-ISPESL del 6 ottobre 2000. Roma 2003, scheda n°14. 26 pp.
- Christersson, L. and L. Senneby-Forsse** (1994). *The Swedish Programme for Intensive Short-rotation Forests.* Biomass and Bioenergy, 6: 145-149.
- Cielo P., Settembri P., Zanuttini R.** (2002). *Cantieri di utilizzazione del pioppo. Sistemi di lavoro e prospettive.* Compagnia delle Foreste. 34 pp.
- Cielo P., Settembri P., Zanuttini R.** (2002). *I cantieri di utilizzazione del pioppo. Sistemi di lavoro, tempi e produttività.* Sherwood, 81: 55-60.
- Cielo P., Zanuttini R.** (2004) *La raccolta del legno nei pioppeti.* Italia Forestale e Montana LIX, 6: 467-482.
- CRA - MiPAAF** (2007). *Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio INFC 2005, le stime di superficie.*
- Curro, P. & Ghisi, R.** (1966). *Tempi di utilizzazione di un pioppeto con seghe a catena.* Pubblicazioni del Centro di Sperimentazione Agricola e Forestale, vol. 9. Roma (I). p. 69-79.
- Danfors B., Ledin S., Rosenqvist H.** (1998). *Short-rotation willow coppice grower manual.* Swedish Institute of Agricultural Engineering, Uppsala, Sweden.
- De Simiane, Bertrand, J.L., Doubliez, B., Artigue, C.** (1976). *Extraction et recuperation des souches.* Annales Armef-Cermas, Nangis (FR). p. 229-267.
- De Simiane, C.** (1977). *La recuperation des souches: resultats des mesures physiques.* Afocel-Armef Informations-Foret, Nangis (FR), 79. p. 53-57.
- FAO.** *Mechanical stump extractor (1962).* Forestry Equipment Notes, B.33.62. Roma (I). 2 p.
- Frik, J., Nylinder, M.** (1976). *Stubbar - brytning och transport.* Skogsarbeten Ekonomi 1/76. Stockholm. 4 p.
- Hakkila, P. & Aarniala.** (2004). *Stumps - An unutilised reserve.* Wood Energy Technology Programme Newsletter on results 4/2004. Helsinki. 2 p.
- Hakkila, P. & Makela M.** (1973). *Harvesting of stump and root wood by the pallari stumpharvester. A sub-project of the joint Nordic Research Programme for the Utilization of Logging Residues.* Communicationes Instituti Forestalis Fenniae, 77,5. Helsinki. 56 p.
- Hakkila, P.** (1972). *Mechanized harvesting of stumps and roots. A sub-project of the joint Nordic Research Programme for the Utilization of Logging Residues.* Communicationes Instituti Forestalis Fenniae, 77,1. Helsinki. 71 p.
- Hakkila, P.** (1975). *Kantoja juuripuun kuoriprosentti, puuaineen tiheys ja asetoniutitteitten maara.* Folia Forestalia 224. Helsinki. 14 p.
- Hippoliti G.** (1997). *Appunti di meccanizzazione forestale.* Collana Universitaria, Studio Editoriale Fiorentino, Firenze. 318 pp.
- Hippoliti G., Piegai F.** (2000). *Tecniche e sistemi di lavoro per la raccolta del legno.* Compagnia delle Foreste. 157 pp.
- International Poplar Commission** (2004). *The contribution of poplars and willows to sustainable forestry and rural development.* Synthesis of Country Progress Reports. Working Paper IPC/3. 39 pp.

- Karacic, Verwjist T., Weih M.** (2003). *Above-ground woody biomass production of short rotation Populus plantations on agricultural land in Sweden*. Scandinavian Journal of Forest Research, Vol. 18, n° 5: 427-437.
- Kauter, D., I. Lewandowski, et al.** (2003). *Quantity and quality of harvestable biomass from Populus short rotation coppice for solid fuel use. A review of the physiological basis and management influences*. Biomass and Bioenergy, 24: 411-427.
- Larsson S., Melin G., Rosenqvist H.** (1998). *Commercial harvest of willow wood chips in Sweden*. Proceedings of international Conference Biomass for Energy and Industry, 811. June 1998, Wurzburg. Editor: CARMEN, Rimpfar, Germany. p 200-203.
- Macintosh, J.E., Sinclair, A.W.** (1988). *Economic feasibility of satellite chipping yards in Alberta*. FERIC Special Report SR-53. 19 p.
- Markovic, J.** (1973). *Savremena oruda za krcenje panjeva, njihovi ucinci i ekonomichnost primene u osnovnoj pripremi zemljista za plantazno gajenje topola*. Topola 17. Novi Sad. Republic of Yugoslavia. p. 13-33.
- McAlpine, R. G., C. L. Brown et al.** (1966). «*Silage*» sycamore. Forest Farmer 26(1): 6-7,16.
- Mitchell, C. P.** (1995). *New cultural treatments and yield optimization*. Biomass and bioenergy 1-5: 11-34.
- Mitchell, C. P., E. A. Stevens, et al.** (1999). *Short-rotation forestry operations, productivity and costs based on experience gained in the UK*. Forest ecology and management 121: 123-136.
- Nurmi, J.** (1997). *Heating values of mature trees*. Acta Forestalia Fennica 256. Helsinki. 28 p.
- Pellis A., Laureysens I., Ceulemans R.** (2004). *Growth and production of a short rotation coppice culture of poplar I*. Biomass and Bioenergy, Vol. 27, n° 1:9-19.
- Pontailier, J. Y., R. Ceulemans, et al.** (1999). *Biomass yield of poplar after five 2-years coppice rotations*. Forestry 72: 157-163.
- Reinhold, M.** (1951). *Forstgerechtes Roden*. Reinbek Gesellschaft fur forstliche Arbeitswissenschaft. Eberswalde, Germany. 114 p.
- Spinelli R.** (2000). *Meccanizzazione forestale intermedia*. Calderini Edagricole, Bologna, 162 pp.
- Spinelli R. and Hartsough B. R.** (2006). *Harvesting SRF poplar for pulpwood: Experience in the Pacific Northwest*. Biomass and Bioenergy, Volume 30, Issue 5. Pages 439-445.
- Spinelli R., Casentino G., Nati C.** (2003). *Pioppicoltura: il processore può danneggiare il legno?* Terra e Vita n°47: 77-80.
- Spinelli R., Hartsough B.** (2001). *Indagini sulla cippatura in Italia*. CNR-CSP XLI, 112 pp.
- Spinelli R., Magagnotti N.** (2004). *Forwarders: tutte le soluzioni presenti sul mercato*. Mondo Macchina 13: 42-46.
- Verani S., Sperandio G.** (2003). *Utilizzazione del pioppeto con impiego di un diverso grado di meccanizzazione*. Sherwood N. 88: 37-44.
- Verani S., Sperandio G.** (2004) *Valutazione tecnico-economica dell'impiego della meccanizzazione nell'utilizzazione del pioppeto*. EM- Linea ecologica 36 (6): 61-64.
- Verani S., Sperandio G.** (2006). *Meccanizzazione avanzata nella raccolta del pioppo. Quali margini di convenienza economica?* Sherwood N. 122: 31-35.
- Verani S., Sperandio G.** (2008). *La taglia ceppaie velocizza la raccolta del ceduo di pioppo*. Terra e Vita n. 21: 31-34.
- Zimbalatti G.** (2004). *Gli harvester per i cantieri di utilizzazione forestali*. Alberi e territorio (1) 1.



FEASR



REGIONE DEL VENETO



Fondo europeo agricolo per lo sviluppo rurale: l'Europa investe nelle zone rurali

Iniziativa finanziata dal Programma di Sviluppo Rurale per il Veneto 2007-2013

Organismo responsabile dell'informazione: **Veneto Agricoltura**



Autorità di gestione: **Regione del Veneto – Dipartimento Agricoltura e Sviluppo Rurale**

ISBN 978-88-908313-4-8



9 788890 831348 >