

VALERIA AVENA

Valutazione della funzionalità e della produttività delle macchine impiegate per la sminuzzatura del legname

Oggi assume sempre più interesse l'utilizzo delle biomasse a fini energetici, per diminuire almeno in parte la dipendenza dai combustibili fossili (per biomassa si intende l'insieme delle coltivazioni, degli scarti agricoli e forestali, dei combustibili utilizzati a scopo energetico).

L'utilizzo delle biomasse favorisce la riduzione dell'emissione nell'atmosfera di tutti quei gas, ed in particolare l'anidride carbonica, che determinano l'ormai noto effetto serra.

Tra le biomasse utilizzate nella nostra regione e più in generale in Italia, la più importante è rappresentata dal legno sminuzzato.

Questo tipo di biomassa viene utilizzato per centrali di teleriscaldamento, per edifici pubblici di grandi dimensioni e, anche se in parte minore, per abitazioni civili private.

La diffusione di tale combustibile si giustifica inoltre per il prezzo decisamente inferiore rispetto a quello del combustibile fossile (gasolio).

Per questi motivi la produzione di legno sminuzzato sta acquisendo una sempre maggiore importanza, anche se attualmente questo prodotto risente ancora di un mercato poco evoluto.

Attualmente, in Italia, il legno cippato per uso energetico deriva principalmente dal comparto forestale (utilizzazione di cedui e residui di scarto delle utilizzazioni delle fustaie) ed in minor misura dai comparti: agricolo (cedui a corta rotazione, siepi, residui di potature), industriale (residui

della lavorazione industriale del legno), e urbano (residui di potature delle alberate e dai Rifiuti Solidi Urbani).

In Italia, ed in particolare nella Regione Piemonte, sono ormai numerose le centrali termiche alimentate con legno sminuzzato, detto anche cippato, cioè con scaglie di legno (dall'inglese *chips*) prodotte grazie all'uso di macchine sminuzzatrici.

Le scaglie vengono suddivise, in base alla loro lunghezza media, in classi dimensionali. La granulometria del cippato, ed ancor più la sua omogeneità sono importanti ai fini dell'idoneità dell'impiego degli impianti di riscaldamento automatici.

Si parla di cippato fine quando le scaglie hanno lunghezza pari a 10-20 mm e cippato grossolano per i *chips* di 50-70 mm.

Esso viene impiegato anche nel settore industriale per la produzione di pannelli di fibre o particelle, o quella di carta.

L'operazione di sminuzzatura del legname viene effettuata da macchine sminuzzatrici o dai triturator, a seconda del principio di funzionamento e delle caratteristiche del prodotto finale; entrambe riducono il materiale legnoso in scaglie. Le sminuzzatrici, benché si distinguano per tipologia di organo sminuzzatore, effettuano tutte un'azione di taglio utilizzando organi taglienti. I biotriturator, invece, non tagliano il legno, ma lo frantumano mediante un'azione di schiacciamento e sfibatura. La differenza fondamentale è che i triturator richiedono potenze maggiori e producono frammenti disomogenei per dimensioni e qualità.

Nei trituratori la pezzatura del materiale è variabile grazie alla griglia posizionata alla bocca di scarico del rotore. Tale griglia risulta intercambiabile in funzione del materiale da utilizzare e regolabile idraulicamente durante la fase operativa.

Nelle macchine sminuzzatrici può invece essere regolata la sporgenza degli organi taglienti per ottenere scaglie di diverse dimensioni.

Le macchine sminuzzatrici usate nel campo forestale sono generalmente di tipo mobile. Generalmente sono costituite da un telaio portante, (che può essere portato, trainato o semovente), costruito in acciaio; da una presa di forza (qualora non siano munite di motore proprio), da un supporto porta utensili taglienti (a tamburo, a disco, a vite senza fine), da un organo di ventilazione ed espulsione per consentire la fuoriuscita delle scaglie (detto collo d'oca, che può essere fisso od orientabile), nei trituratori invece l'espulsione del materiale tritato avviene per semplice caduta attraverso un vaglio sotto il quale è posto un nastro trasportatore che allontana il prodotto; e da una bocca di alimentazione per l'invio del materiale agli organi di taglio.

L'alimentazione di queste macchine può essere eseguita manualmente oppure meccanizzata con caricatore idraulico o pinza forestale a seconda delle dimensioni dell'assortimento utilizzato. In tutte le macchine la bocca di alimentazione è quadrangolare a tronco di piramide (con grandezza che può variare da 15 x 20 cm a 35 x 45 cm) ed ha il compito di inviare il materiale legnoso all'organo di taglio.

Nelle sminuzzatrici a disco, l'organo tagliente è costituito da un pesante volano in acciaio generalmente di diametro minimo 80 cm, che porta da 1 a 4 coltelli applicati radialmente. In prossimità dei coltelli il disco presenta delle piccole fessure attraverso cui passa il materiale sminuzzato e dall'altra parte del disco sono collocate delle alette che hanno il compito di creare una corrente d'aria tale da permettere l'espulsione delle scaglie. Il legname da sminuzzare viene presentato ai coltelli in modo obliquo (40-45°) e viene tagliato a becco di flauto.

Nelle macchine sminuzzatrici a tamburo, l'organo di taglio è costituito da un cilindro d'acciaio cavo ruotante intorno al proprio asse longitudinale, che giace su di un piano orizzontale. Il diametro del tamburo varia tra i 30 ed i 100 cm, a seconda del diametro della macchina. I coltelli, in numero da 2 a 4, sono montati sulla superficie esterna del cilindro, in posizione tangenziale. Alla base di ciascun coltello, si trova una tasca che raccoglie le scaglie che verranno espulse successivamente verso l'esterno.

L'organo di taglio delle sminuzzatrici senza fine è invece costituito da una spirale tagliente che ruota intorno ad un asse orizzontale. Si tratta di un unico pezzo che non consente regolazioni, per cui non è possibile variare le dimensioni delle scaglie (che generalmente sono di dimensioni abbastanza elevate, tra i 50 ed i 200 mm) come con le altre tipologie di macchine.

Le sminuzzatrici con organo sminuzzatore a tamburo sono generalmente di grandi dimensioni utilizzate in bosco per la sminuzzatura di residui di utilizzazioni e tronchi interi. La maggior parte dei modelli sono azionati da motori autonomi, poiché richiedono potenze elevate.

Lo studio si è svolto con l'obiettivo di valutare alcune macchine impiegate per la sminuzzatura del legname (operanti in cantieri allestiti nella Regione Piemonte) e le loro prestazioni funzionali, attraverso un'analisi delle produttività e dei tempi di lavoro.

Con l'intento di mettere in evidenza, per ogni cantiere oggetto del seguente studio, le cause principali dei tempi di improduttività, si sono valutati i tempi di lavoro della fase di sminuzzatura e quindi la loro relativa suddivisione in tempi di lavoro effettivo, accessorio e i tempi morti.

In sintesi, viene fatta distinzione tra produttività di cantiere e produttività netta delle macchine.

Fine ultimo dello studio è la determinazione della qualità del cippato prodotto e dei consumi di carburante di ogni macchina. La distribuzione dimensionale del cippato prodotto da una determinata macchina risulta il miglior indicatore della qualità del lavoro

Macchina	Potenza motore (kW)	Organo sminuzzatore	Numero coltelli	Azionamento
1	310	Tamburo	2	Mot. autonomo a scoppio
2	170	Tamburo	4	Mot. autonomo a scoppio
3	80	Disco	2	Albero cardanico
4	200	Tamburo	4	Mot. autonomo a scoppio
5	103	Disco	2	Albero cardanico
6	320	Trituratore a tamburo	38 mazze	Mot. autonomo a scoppio

Tab. 1 - Principali caratteristiche delle macchine oggetto delle prove.

che questa è in grado di effettuare (SPINELLI *et al.*, 2005). La granulometria del cippato riveste quindi una notevole importanza, in quanto va ad influenzare sia la conservabilità del prodotto che il tipo di caldaia in grado di utilizzarlo.

Sono state analizzate due cippatrici con organo sminuzzatore a disco, tre cippatrici con organo sminuzzatore a tamburo ed un biotrituratore (allestito con organo trituratore a tamburo con 38 mazze mobili).

Nella tabella 1 sono elencate le caratteristiche principali delle macchine oggetto del presente studio.

I tempi di lavoro dovuti alla fase di sminuzzatura sono stati rilevati, con un cronometro, secondo quanto indicato nei Quaderni dell'Istituto di Assestamento e tecnologia Forestale della Facoltà di Firenze (1989).

I tempi di lavoro netto sono i tempi in cui uomini e macchina sono attivamente impegnati nell'operazione di lavoro ed i tempi di lavoro netto effettivo rappresentano i tempi in cui operai e macchina sono attivamente impegnati e viene svolta la fase produttiva dell'operazione.

Nei tempi di lavoro netto accessorio, gli operai e la macchina sono attivamente impegnati nel lavoro ma non viene eseguita la fase produttiva (per esempio il tempo di caricamento del materiale da sminuzzare).

I tempi morti comprendono, invece, tutti i tempi in cui gli operai e la macchina sono presenti nel lavoro, ma non viene svolta alcuna attività lavorativa.

Dal rilievo dei tempi di lavoro è emerso che i tempi improduttivi della macchina cippatrice sono, quasi sempre, dovuti al carica-

mento della stessa del materiale da sminuzzare (tempo netto accessorio). Chiaramente, nei cantieri in cui la macchina sminuzzatrice viene caricata manualmente dall'operaio, il tempo netto accessorio è maggiore rispetto ai casi in cui questa operazione avviene meccanicamente.

Per quanto riguarda invece i tempi morti (che compaiono solo in pochi rilievi ed in percentuali minime), si tratta sempre di tempi morti soggettivi dell'operatore e di tempi morti accidentali provocati per lo più dall'intasamento delle macchine.

La produttività del cantiere è, risultata strettamente legata all'organizzazione del cantiere stesso ed alla modalità adottate per l'alimentazione della macchina sminuzzatrice, mentre quella specifica della macchina dipende dalla tipologia di taglio, dalla potenza del motore e dalle caratteristiche del materiale utilizzato.

La produttività più elevata (23,4 tss/h uomo) è stata ottenuta nel cantiere allestito con la sminuzzatrice di potenza maggiore (310 kW) sminuzzando tronchi interi.

Dall'analisi della produttività è possibile affermare, in linea generale, che più il materiale è di dimensioni ridotte e più la produttività della macchina è contenuta, i valori più bassi sono stati ottenuti sminuzzando ramaglia, mentre quelli più elevati sono stati ottenuti utilizzando tronchi interi.

Questo dipende dal fatto, che nel caso della ramaglia, l'alimentazione della macchina risulta più difficoltosa poiché i rami disordinati possono incastrarsi nella pinza idraulica oppure nella bocca di alimentazione della sminuzzatrice, generando così delle

Macchina	Prod.cantiere (tss/h/UL)			Prod. Macchina (tss/h x kW)		
	Ref.segheria	Ramaglia	Tronchi	Ref.segheria	Ramaglia	Tronchi
1		11,5	23,4		0,04	0,06
2	4			0,023		
3		1			0,01	
4			6			0,07
5		2,5			0,04	
6	12,4	10,5	18,5	0,04	0,03	0,04

Tab. 2 - Produttività di cantiere e specifica delle macchine.

interruzioni del lavoro anche considerevoli, che vanno a ripercuotersi appunto sulla produttività.

Inoltre, il trituratore ha ottenuto dei valori elevati. Questo dipende dal fatto che i trituratori sono muniti di una bocca di alimentazione di dimensioni maggiori comportando un più facile approvvigionamento del materiale da lavorare.

Per quanto riguarda l'analisi della qualità del lavoro svolto dalle macchine oggetto delle prove, durante i rilievi sono stati prelevati dei campioni di materiale sminuzzato e chiusi ermeticamente in un sacchetto. I campioni raccolti sono stati pesati e suddivisi nelle classi dimensionali delle quali è stato successivamente determinato il valore anidro.

Per la vagliatura (sono stati impiegati campioni dal peso, allo stato naturale, di 1 Kg) ci si attiene alle indicazioni contenute nella bozza di norma recentemente elaborata dal Comitato Termotecnica Italiano (CTI 2003). Si tratta di un documento che riflette il lavoro svolto a livello europeo da varie organizzazioni nazionali con lo scopo di produrre una norma comune per la classificazione merceologica dei biocombustibili solidi. Secondo tale documento il materiale viene suddiviso in sei classi dimensionali (<3 mm; 3 - 15 mm; 16 - 45 mm; 46 - 63 mm; 64 - 100 mm; > 100 mm).

In questo studio, le particelle di cippato più rappresentate sono risultate quelle con lunghezze comprese tra i 3 ed i 15 mm e tra i 16 ed i 45 mm.

Solo una piccola percentuale di scaglie (dall'1 al 10%) rientra nella classe dimensionale >100mm, che è quella che può generare più problemi di alimentazione e funzionamento della caldaia.

In generale si può affermare che le sminuzzatrici a tamburo producono particelle di dimensioni maggiori rispetto a quelle prodotte dalle macchine con organo sminuzzatore a disco.

Utilizzando diverse tipologie di assortimenti non si registrano notevoli variazioni sulla granulometria delle scaglie di sminuzzato, anche se utilizzando tronchi interi si ha una percentuale lievemente maggiore di scaglie appartenenti alle classi dimensionali più alte.

Il biotrituratore, nel caso della sminuzzatura di ramaglia, ha lavorato con due griglie diverse (120 mm e 160 mm). Si sono notate delle cospicue variazioni in termini di dimensioni delle scaglie prodotte. Operando con la griglia da 120mm il 25% delle particelle è risultata avere dimensioni minori ai 3mm ed i valori della seconda e terza classe granulometrica (3-15 mm e 16-45 mm) presentavano il 22 ed il 30% del materiale sminuzzato. Solo il 5% del materiale ha superato i 100 mm di lunghezza.

Nel caso in cui si è operato con la griglia di 160 mm, si sono ottenute scaglie di maggiori dimensioni, infatti nelle classi dimensionali più alte è ricaduto circa il 20% del materiale prodotto.

Tra tutte le macchine oggetto di studio, quella che ha prodotto cippato più omoge-

neo è stata la macchina n. 3, che utilizza come organo sminuzzatore un disco a due coltelli; infatti il 73% del materiale appartiene alla seconda classe dimensionale.

Su due macchine, tra quelle esaminate, sono state condotte prove sia con coltelli nuovi sia con coltelli usurati, ma non si sono notate differenze dimensionali delle scaglie.

La suddivisione in classi dimensionali, inoltre, ha riguardato i campioni umidi e gli stessi campioni secchi, dopo 24 ore circa in stufa; non sono state rilevate differenze dimensionali delle scaglie.

Qui sotto sono riportate graficamente, per ogni macchina studiata, una media delle percentuali delle classi dimensionali dello sminuzzato prodotto.

I consumi di carburante riguardano la sola fase di sminuzzatura e si considerano costanti per la durata dell'operazione.

Per le sminuzzatrici che non sono munite di motore autonomo i consumi i consumi di carburante registrati sono stati quelli del trattore da cui erano azionate.

I consumi di carburante variano da valori di 5kg/h fino a valori di 45kg/h, in funzione

delle potenze erogate dalle macchine ed infatti il valore più alto è stato registrato per la sminuzzatrice con maggiore potenza (310 kW).

Quindi il consumo di carburante risulta direttamente proporzionale alla potenza della macchina.

La situazione si inverte se i consumi di carburante vengono espressi per unità di volume di cippato prodotto.

In questo caso, infatti, il consumo minore di carburante ($0,4 \text{ kg/m}^3$) è stato rilevato con la macchina sminuzzatrice di potenza maggiore.

Per quanto riguarda il fabbisogno energetico, i valori variano in funzione della potenza nominale della sminuzzatrice, i dati più elevati risultano quelli riferiti alle macchine sminuzzatrici di potenze minori.

In sintesi la sperimentazione ha evidenziato che, l'utilizzo di macchine sminuzzatrici di dimensioni e potenze elevate consente di incrementare considerevolmente la qualità e la capacità di lavoro del cantiere ed al contempo di contenere il fabbisogno energetico per la produzione dello sminuzzato.

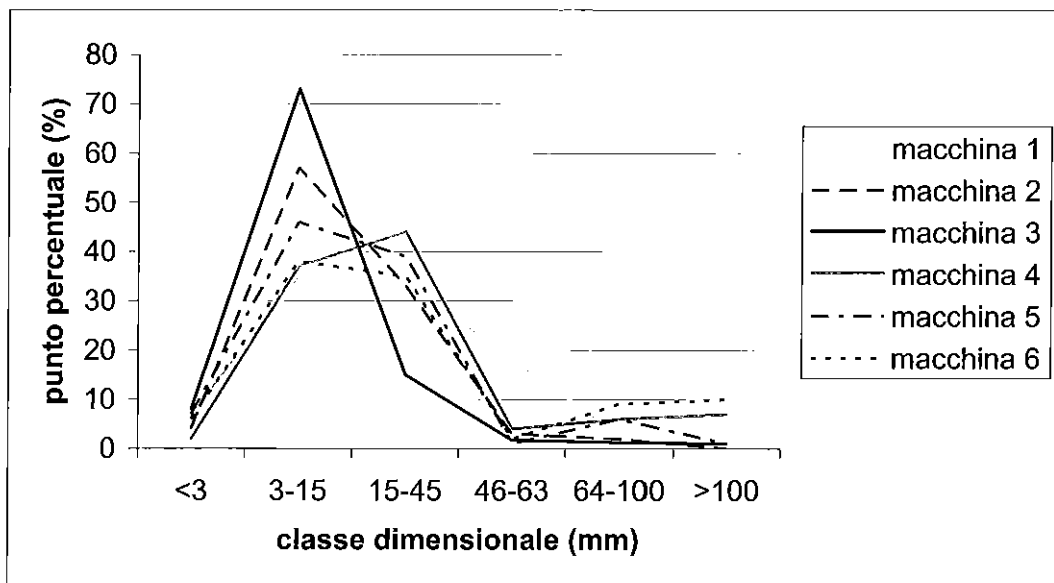


Fig. 1 - Produttività di cantiere e specifica delle macchine.

È, inoltre, emersa l'importanza di una corretta organizzazione al fine di contenere i tempi morti e di ridurre l'affaticamento degli operatori ed i conseguenti rischi per la loro salute.

Proprio per garantire tali aspetti prestazionali delle macchine in oggetto, si auspica che in futuro si possa giungere ad una Certificazione della loro funzionalità.

dott.ssa Valeria Avena

Corso Cosenza 18/12 – 10134 TORINO

tel. 3495934293

e-mail: valeria79v@libero.it

BIBLIOGRAFIA

BALDINI S., 1986 - *Sidle sminuzzatrici o scippatrici*. Accr n.4 pp. 25-30.

BALSARI P., 1999/2000 - *Appunti del corso di meccanizzazione forestale*.

BERKTI S., PIEGAI F., VERANI S. - *Manuale d'istruzione per il rilievo dei tempi di lavoro e nelle produttività nei cantieri forestali*. Università degli studi di Firenze, Quaderni dell'Istituto di Assesamento e Tecnologia Forestale. Fascicolo IV.

CIELO P., ZANUTTINI R., 1996 - *La sminuzzatura del legname in bosco*. Sherwood n.17, pp. 31-37.

CTI SC 09, 2003 - R03/01 *Raccomandazione del comitato termotecnica italiano sui biocombustibili solidi: specifiche e classificazione*. Milano.

SPINELLI R., 2000 - *Meccanizzazione forestale intermedia*. Calderoni Edagricole.

SPINELLI R., HARTSOUGH B., MAGAGNOTTI N., 2005 - *Qualità del cippato. Confronto tra nove cippatrici mobili in commercio in Italia*. Sherwood pp. 13-18.

SPINELLI R., MAGAGNOTTI N., 2005 - *L'utilizzo di macchine cippatrici per il trattamento del materiale legnoso*. Alberi e territorio, supplemento al n. 9 pp. 17-23.

Riassunto

Oggi assume sempre più interesse l'utilizzo delle biomasse a fini energetici e tre queste, del cippato di legno, prodotto dalle macchine sminuzzatrici.

L'articolo riassume il funzionamento di queste macchine, riportando anche i risultati delle prove (riguardanti in modo particolare i tempi di lavoro, la produttività, la qualità del prodotto ed i consumi), effettuate in cantieri

diversi operanti presso il territorio piemontese, su alcune macchine cippatrici a tamburo e a disco.

L'utilizzo di macchine di dimensioni e potenze elevate può incrementare considerevolmente la qualità e la quantità di lavoro, resa migliore anche da una corretta gestione del cantiere.

Summary

Valutation of the functionality and of the productivity of the wood chippers

Today it assumes more and more interest the use of the energetics biomasses and among these, of the chips, produced by the wood chippers.

The articles reassumes the working of these machines, also bringing the results of the test (the times of job, the productivity, the quality of the product and the consumptions), effected in some working different yards in Regione Piemonte, about some drum chippers and disc chippers.

The use of wood chippers of elevated dimensions and power can considerably increase the quality and the workboad, made also best by a correct management of the yard too.