



Tecnologie innovative per un utilizzo efficiente dei co-prodotti agricoli

Progetti di ricerca SUSCACE e FAESI

Supplemento n. 2 a **SHERWOOD - FORESTE ED ALBERI OGGI** n. 219
Anno 22 n. 4 Giugno 2016 - ISSN 1590-7805

**TECNOLOGIE INNOVATIVE
PER UN UTILIZZO EFFICIENTE
DEI CO-PRODOTTI AGRICOLI**
Progetti di ricerca SUSCACE e FAESI

Supplemento n. 2 a **SHERWOOD - FORESTE ED ALBERI OGGI** n. 219
Anno 22 n. 4 Giugno 2016 - ISSN 1590-7805

Tecnologie innovative per un utilizzo efficiente dei co-prodotti agricoli

Progetti di ricerca SUSCACE e FAESI



Attività di ricerca coordinata dal:
Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria

nell'ambito dei Progetti di Ricerca:



Progetto SUSCACE - *Supporto Scientifico alla
Conversione Agricola verso le Colture Energetiche*



Progetto FAESI - *Filiere Agro Energetiche nel Sud Italia*

Pubblicazione a cura di:

Luigi Pari

Forma consigliata di citazione del Volume:

Pari L., (a cura di) 2016 - Tecnologie innovative per un utilizzo efficiente dei co-prodotti agricoli.
Progetti di ricerca SUSCACE e FAESI. 72 pp. In: Sherwood 219 Supplemento 2

Forma consigliata di citazione del singolo contributo:

Pari L., Suardi A., Scarfone A., Santangelo E., 2016 - Nuovo prototipo per il recupero delle potature. 7-9.
In: Tecnologie innovative per un utilizzo efficiente dei co-prodotti agricoli.
Progetti di ricerca SUSCACE e FAESI. Sherwood 219, Supplemento 2

Per informazioni:

Luigi Pari - luigi.pari@crea.gov.it

Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria
Unità di ricerca per l'ingegneria agraria (CREA ING)
Via della Pascolare 16 - 00016 Monterotondo (RM) Italia
www.crea.gov.it - <http://ing.entecra.it/biomasse/>

Tel. +39-06-90675250 - Fax. +39-06-90625591

Coordinamento editoriale

Silvia Bruschini - Compagnia delle Foreste - Arezzo

Impaginazione e grafica

Maria Cristina Viara - Compagnia delle Foreste - Arezzo

Editore



Compagnia delle Foreste

Via Pietro Aretino, 8 - 52100 Arezzo

Tel./fax 0575.370846

E-mail sherwood@compagniadelleforeste.it

Sito www.compagniadelleforeste.it - www.rivistasherwood.it

Supplemento n. 2 al n. 219 - Sherwood - Foreste ed Alberi Oggi

- 6** *La ricerca pubblica a supporto della bioeconomia*
di Luigi Pari
- 11** **Nuovo prototipo per il recupero delle potature**
di Luigi Pari, Alessandro Suardi, Antonio Scarfone, Enrico Santangelo
- 14** **Recupero di potature di vite per la produzione di agripellet. Valutazione di una trincia-caricatrice specificamente progettata**
di Luigi Pari, Vincenzo Alfano, Antonio Scarfone, Giuseppe Toscano
- 19** **Una barra flessibile per le colture energetiche. Soluzione innovativa per i terreni sassosi**
di Luigi Pari, Angelo Del Giudice, Francesco Gallucci, Enrico Santangelo
- 23** **Sistemi meccanici per la raccolta del cartamo. Prime prove**
di Luigi Pari, Vincenzo Alfano, Enrico Santangelo
- 27** **BIT3GLogistic. Un software per ottimizzare la logistica di approvvigionamento di una bioraffineria**
di Luigi Pari, Vincenzo Alfano, Antonio Scarfone, Luca Ardito, Massimo Pepe
- 33** **Raccolta delle colture da fibra. La meccanizzazione nell'ottica delle esigenze del mercato**
di Luigi Pari, Antonio Scarfone, Alessandro Suardi, Angelo Del Giudice
- 37** **La raccolta della canapa in Romania. Valutazione di un sistema innovativo per l'approvvigionamento del seme, della fibra e dei residui di trebbiatura**
di Luigi Pari, Antonio Scarfone, Vincenzo Alfano
- 42** **Confronto tra cloni di eucalitto da biomassa. Comportamento produttivo e risposta all'idrogel**
di Giovanni Mughini, Angelo Del Giudice, Vincenzo Civitarese, Antonio Scarfone, Luigi Pari
- 46** **Recupero dei residui fluviali di canna comune. Analisi dei cantieri proponibili**
di Luigi Pari, Angelo Del Giudice, Andrea Acampora, Enrico Santangelo
- 53** **L'espianto del vigneto con sradicatore portato. Prestazioni e qualità del lavoro svolto**
di Luigi Pari, Antonio Scarfone, Vincenzo Alfano, Enrico Santangelo
- 57** **Efficienza di sistemi agevolatori nella raccolta dei frutti di Jatropha**
di Luigi Pari, Alessandro Suardi, Enrico Santangelo
- 61** **La raccolta delle colture da energia nei Paesi in via di sviluppo. Il caso di Cuba**
di Luigi Pari, Alessandro Suardi, Vincenzo Alfano
- 65** **Redditività degli impianti di trasformazione delle biomasse. Andamento in relazione all'evolversi della normativa incentivante**
di Mariangela Salerno

Gli articoli sono scaricabili in formato .pdf dai siti

<http://ing.entecra.it/Biomasse> e www.rivistasherwood.it/pubblicazioni-cdf.html

La bioeconomia rappresenta secondo stime UE un fatturato di circa 2.000 miliardi di euro con oltre 22 milioni di persone impiegate, ovvero circa il 9% dell'occupazione complessiva dell'Unione Europea. È un settore fortemente basato sull'innovazione ed in rapida evoluzione con la prospettiva di occupare un ruolo predominante nella costruzione di un'economia europea competitiva ed adeguata agli obiettivi che l'Unione stessa si è data in termini di sostenibilità ambientale al 2020.

Il cardine della strategia europea sulla bioeconomia è il documento "L'innovazione per una crescita sostenibile: una bioeconomia per l'Europa", pubblicato dalla Commissione Europea nel 2012. In esso sono tracciate le linee guida non solo in termini di ricerca e sviluppo ma a livello di politiche strategiche dell'Unione.

La bioeconomia può essere considerata un aggiornamento di filiere industriali tradizionali con la sostituzione della materia prima da base fossile (petrolio, gas, carbone) con materie prime rinnovabili, cioè biomasse.

Questo concetto non è certo nuovo, un forte sostenitore fu ROUL GARDINI che nel 1991 scrisse: "Dobbiamo ripartire dai settori primari, dall'agricoltura e dalla sua integrazione con l'industria attraverso la ricerca. Gli agricoltori non hanno ancora fatto il salto di qualità ma il loro spazio futuro è fuori dagli alimenti..... Questo sarà possibile solo con l'incontro tra il mondo degli scienziati e quello degli agricoltori: per produrre energia e poi avventurarsi nella manipolazione delle molecole, nella costruzione di polimeri piuttosto che di antibiotici. Vedo un grande futuro per questo mondo antico che attende di essere rinnovato profondamente".

Costruire nuove filiere produttive in cui la materia prima di origine fossile sia sostituibile da prodotti rinnovabili non è cosa semplice e, grazie anche alle indicazioni dell'Unione Europea, industriali, ricercatori ed agricoltori si stanno impegnando per trovare soluzioni economicamente sostenibili.

Tuttavia, questo salto tecnologico non sarebbe sufficiente ad assicurare il mantenimento delle risorse alle nuove generazioni, se le biomasse necessarie fossero prodotte con i sistemi tradizionali a base di combustibili fossili non si farebbe altro che

spostare il problema della sostenibilità senza risolverlo.

Occorre quindi passare da un modello di economia lineare (per di più basato sullo sfruttamento di risorse non rinnovabili) ad uno circolare, basato su risorse realmente rinnovabili, in cui ogni fase della filiera sia pensato in chiave di sostenibilità sociale, economica ed ambientale e ogni frazione delle risorse disponibili sia utilizzata in cascata e rimessa in circolo, idealmente tendendo ad un modello "a rifiuti zero".

Al centro di questa rivoluzione vi è il concetto di industria integrata nel territorio che sia parte di una filiera circolare, acquisendo le biomasse localmente e restituendo al comparto agricolo i coprodotti delle fasi di lavorazione per il mantenimento della

fertilità del suolo (fertilizzanti, biostimolanti, ammendanti ecc).

Per sviluppare le innovazioni necessarie, nell'ambito di H2020 la Unione Europea ha promosso diversi programmi di ricerca; tra questi le attività di ricerca promosse in SC2 sono mirate alla produzione di biomasse in terreni marginali, integrando industria con settore produttivo ed ottimizzando le fasi logistiche in modo da contenere gli spostamenti sul territorio delle biomasse e di evitare la sovrapposizione con

le colture alimentari. Proprio per queste caratteristiche legate al territorio, non è facilmente mutuabile la soluzione che è risultata essere vincente in altri luoghi. Si deve arrivare a definire un modello di filiera sufficientemente flessibile da garantire l'adattabilità a diverse condizioni in relazione alle specificità locali.

Per raggiungere questo ambizioso obiettivo, le ricerche vengono promosse coinvolgendo i diversi attori della filiera, a partire dalla produzione agricola di materia prima e dalla logistica, passando per i processi di trattamento e trasformazione, per finire con la valorizzazione degli scarti; contemporaneamente valutando l'impatto economico e sociale collegato, senza dimenticare gli aspetti legati ad una corretta comunicazione ed alla formazione.

Le attività di ricerca condotte dal CREA ING nell'ambito dei Progetti di ricerca finanziati dal Ministero delle politiche agricole, alimentari e forestali nel settore delle bioenergie, SUSCACE, FAESI e BTT, integrandosi tra di loro e acquisendo le conoscen-

La ricerca pubblica a supporto della bioeconomia

ze anche dai Progetti di ricerca europea in corso e specialmente dal Progetto in essere "Bioraffineria di 3° Generazione Integrata nel Territorio - BIT3G" finanziato dal MIUR, permettono di avere un quadro preciso dell'evolversi dei temi di ricerca internazionali e di fornire un contributo relativamente agli aspetti di ricerca riferibili alla meccanizzazione ed alla logistica.

Difatti la disponibilità alla bocca dell'impianto delle biomasse necessarie quali materie prime per sostituire il petrolio, è una delle problematiche della bioeconomia. Considerando che dalla medesima pianta è necessario valorizzare diversi prodotti e che ciascun prodotto necessita di una propria catena logistica per ottenere la materia prima con le caratteristiche chimiche e fisiche richieste dall'industria, è chiaro come le attività di ricerca relative alla logistica, cioè l'insieme di processi che permettono di separare e rendere stabili i prodotti agricoli (raccolta, separazione, trasporto, stoccaggio, pre-trattamento) giochino un ruolo importante.

Inoltre, poiché l'industria necessita ingenti quantitativi durante tutto l'arco dell'anno e l'agricoltore necessita delle tecnologie idonee per compiere le operazioni, a costi compatibili con il valore del prodotto ottenuto, la disponibilità di macchine da raccolta e separazione delle diverse frazioni e la conoscenza dei processi di degradazione delle molecole ricercate in post-raccolta, e quindi la disponibilità di tecnologie per prevenirle, è uno dei colli di bottiglia che frenano l'attivazione delle nuove filiere della bioeconomia.

In quest'ambito è stato realizzato il presente Speciale, che annualmente riporta i maggiori risultati delle attività di ricerca realizzate nell'ambito dei Progetti Faesi e Suscace; affrontando le tematiche di maggiore interesse per la messa a punto delle filiere prima descritte.

In particolare vengono riportate le esperienze sperimentali relative alla messa a punto di sistemi meccanici per rendere disponibili gli scarti dei processi produttivi agricoli come le potature, le ceppaie residue delle coltivazioni arboree a fine ciclo e i residui degli alvei fluviali, cercando di identificare le soluzioni meccaniche per ottenere un prodotto con qualità migliori possibili, resistente alle degradazioni e con basso contenuto di inerti. Sempre nell'ottica della valorizzazione dei co-prodotti, vengono riportate le esperienze condotte dal CREA ING all'estero con macchine in grado di separare in campo le diverse frazioni della canapa, quali il seme, lo stelo ed i residui di trebbiatura (da



Macchina per la raccolta e separazione delle diverse frazioni ottenibili dalla coltivazione della canapa.

quest'ultimo co-prodotto si estrae il CBD) nell'ottica di fornire agli utenti della ricerca la conoscenza e la valutazione scientifica delle tecnologie disponibili in Europa per la raccolta delle colture da fibra.

Relativamente alle colture energetiche vengono riportate le prime esperienze di raccolta del cardo, la descrizione dell'innovazione sviluppata per poter operare in raccolta di cardo in terreni marginali con presenza di pietre, le esperienze produttive dell'eucalipto nei campi sperimentali del CREA ING ed infine viene presentato uno strumento informatico a supporto della logistica di approvvigionamento del cardo alla prima bio raffineria Italiana, quella di Porto Torres.

Questo contributo si aggiunge ai precedenti, sempre disponibili sul sito di progetto <http://ing.entecra.it/biomasse/> a disposizione degli stakeholders italiani per continuare l'intensa attività di divulgazione dei risultati della ricerca condotta nei Progetti Suscace e Faesi.

LUIGI PARI
Coordinatore Progetti di Ricerca SUSCACE e FAESI

Unità operative partecipanti al Progetto **SUSCAGE**

Unità Operative	Ente	Località	Responsabile Scientifico
CREA-ING (Coordinatore) Unità di ricerca per l'Ingegneria Agraria	CREA	Monterotondo (RM)	Dott. L. Pari
CREA-PLF Unità di ricerca per le Produzioni Legnose fuori Foresta	CREA	Casale Monferrato (AL)	Dott. G. Facciotto
CREA-CIN Centro di ricerca per le Colture Industriali	CREA	Bologna	Dott. E. Ceotto

Unità operative partecipanti al Progetto **FAESI**

Unità Operative	Ente	Località	Responsabile Scientifico
CREA-ING (Coordinatore) Unità di ricerca per l'Ingegneria Agraria	CREA	Monterotondo (RM)	Dott. L. Pari
CREA-PLF Unità di ricerca per le Produzioni Legnose fuori Foresta	CREA	Casale Monferrato (AL)	Dott. G. Facciotto
CREA-CIN Centro di ricerca per le Colture Industriali	CREA	Bologna	Dott. E. Ceotto
CREA-SCA Unità di ricerca per i Sistemi Colturali degli ambienti Caldo-aridi	CREA	Bari	Dott. M. Mastrorilli
CREA Servizio Attuazione e Coordinamento Programmi di Ricerca	CREA	Roma	Dott.ssa F. D'Andrea
DISPA Dipartimento di Scienze delle Produzioni Agrarie e Alimentari	Università degli Studi di Catania	Catania	Prof. S.L. Cosentino
DITEC Dipartimento Tecnico Economico per la Gestione del Territorio Agricolo e Forestale	Università degli Studi della Basilicata	Potenza	Prof. G.C. Di Renzo
ARSSA Agenzia Regionale per lo Sviluppo ed i Servizi in Agricoltura della Regione Calabria	ARSSA	Mirto-Crosia (CS)	Dott. R. Bonofiglio



Nuovo prototipo per il recupero delle potature

di LUIGI PARI, ALESSANDRO SUARDI, ANTONIO SCARFONE, ENRICO SANTANGELO

Una nuova macchina per la raccolta delle potature si aggiunge alle tante raccogliatrici già disponibili sul mercato. La PC50 della ditta ONG snc di Castelbolognese (RA) possiede un innovativo sistema cippatore a coclea che permette di ottenere un prodotto di buona qualità.

PAROLE CHIAVE: potature, raccolta, logistica

Il 10% dell'energia primaria mondiale è fornita dalle biomasse (SAWIN, SVERRISSON *et al.* 2014) e in alcuni paesi dell'Unione Europea come Svezia, Finlandia, Lettonia ed Estonia, questa rappresenta più del 25% dell'energia da loro prodotta internamente (LINS, WILLIAMSON *et al.* 2014). Il legno di pellet e cippato sono le forme di combustibili che risultano avere sempre più importanza, e le tecnologie di trasformazione energetica della biomassa sono ormai mature e competitive laddove rifiuti agricoli o forestali a basso costo siano disponibili (LINS, WILLIAMSON *et al.* 2014).

Tra i residui agricoli presenti in Europa e principalmente in tutto il bacino del Mediterraneo, le potature legnose sono un'importante risorsa di biomassa ancora scarsamente utilizzata. Infatti, la biomassa potenziale ottenibile dai residui di potatura in Europa è di circa 25 milioni di tonnellate, contro gli 0,5 milioni di tonnellate attualmente utilizzati per produrre energia.

Fino ad oggi infatti, la gestione dei residui di potatura ha generalmente rappresentato un problema di smaltimento piuttosto che un'opportunità per l'agricoltore. In molti casi lo smaltimento si traduce nella bruciatura a bordo campo delle potature con un impatto negativo per l'ambiente.

Da pochi anni a questa parte, a seguito del rapido sviluppo delle bioenergie e della crescente domanda di biomassa, un sempre maggiore numero di aziende costruttrici di macchine agricole hanno sviluppato strumenti dedicati per la raccolta dei residui di potatura. Queste macchine generalmente derivano da trinciatrici convenzionali equipaggiate con sistemi per la raccolta del prodotto trinciato.

Normalmente tali soluzioni sono relativamente economiche e progettate per essere portate o trainate da trattori aziendali con classi di potenza comprese tra i 50 e i 70 kW (SPINELLI e PICCHI 2010). Sebbene le macchine commerciali disponibili siano diverse, la maggior parte di queste producono un trinciato poco apprezzato dal mercato



Foto 1 - 1) Rulli andanatori (opzionale); 2) rullo e catena di raccolta; 3) timone per il traino anteriore; 4) cilindro di regolazione dell'altezza di raccolta; 5) scambiatore olio idraulico con ventola elettrica; 6) coclea cippatrice con coltelli elicoidali; 7) albero coclea cippatrice; 8) ventola lanciatriatrice; 9) tubo lanciatore con terminale orientabile; 10) ralla tubo lanciatore; 11) presa di forza; 12) rulli alimentatori; 13) pneumatici; 14) accessorio posteriore (opzionale).

LUIGI PARI, CREA ING luigi.pari@crea.gov.it - ALESSANDRO SUARDI, CREA ING alessandro.suardi@crea.gov.it
ANTONIO SCARFONE, CREA ING antonio.scarfone@crea.gov.it - ENRICO SANTANGELO, CREA ING enrico.santangelo@crea.gov.it

dei biocombustibili. Il prodotto cippato deve infatti essere quanto più omogeneo e poco soggetto a fenomeni degradativi durante lo stoccaggio. Nell'ambito del progetto Europruning, l'azienda ONG snc di Castelbolognese (RA - Italia), con il supporto tecnico-scientifico del CREA-ING di Monterotondo, ha progettato e costruito una macchina denominata PC50, per la raccolta delle patate. La PC50 è dotata di un innovativo sistema cippatore a coclea, sviluppato per ottenere un cippato di legno dalle patate con caratteristiche conformi agli standard richiesti dal mercato dei biocombustibili. Nel presente lavoro sono state descritte le caratteristiche costruttive della PC50 e le configurazioni di raccolta che la macchina può assumere in funzione alle necessità logistiche dell'agricoltore.

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DELLA PC50

La PC50 è stata sviluppata per raccogliere le patate e cipparle direttamente in campo. La macchina richiede un trattore con classe di potenza minima di 80 kW per convogliare, sollevare e cippare le patate, che vengono in fine raccolte. Le principali componenti della macchina sono riportate in Foto 1.

La macchina è larga 1.750 mm, lunga 3.900 mm, alta 3.100 mm (compreso il tubo lanciatore), e pesa 2.200 kg. Si compone di cinque sistemi principali:

- Sistema di andanatura
- Sistema di sollevamento del potato
- Sistema di convogliamento
- Sistema di cippatura
- Sistemi di scarico e raccolta del materiale cippato.

Sistema di andanatura

Il sistema di andanatura è costituito da una coppia di andanatori installati nella parte anteriore della macchina che hanno lo scopo di convogliare la potatura verso il sistema di sollevamento della stessa. La loro utilità è apprezzabile in presenza di andane larghe, riducendo le perdite di prodotto (potature fuori andana). Gli andanatori sono movimentati dal sistema idraulico della macchina e montati su bracci rimovibili che vengono installati in apposite flange dentate (Foto 2). L'installazione degli andanatori sulla flangia può essere fatta in posizioni diverse in funzione della larghezza di lavoro. La ONG snc ha sviluppato varie forme di andanatori da utilizzare con potature di diverse specie.

Sistema di sollevamento del potato (*pick up*)

Il sistema di prelevamento permette di raccogliere la potatura dal terreno. Un rullo dentato di 1.570 mm di larghezza con 18 denti ciascuno lungo 120 mm raccoglie la potatura che il sistema di convogliamento porterà successivamente verso il dispositivo cippatore. Il rullo è mosso dal sistema idraulico del trattore da cui è possibile regolarne l'altezza dal terreno. La velocità del rullo è modificabile attraverso regolazioni posizionate nella parte anteriore destra della macchina.



Foto 2 - Andanatore sinistro montato su flangia (A).

Sistema di convogliamento

Il sistema di convogliamento trasporta la potatura verso il dispositivo di cippatura, garantendo l'entrata dei rami in modo perpendicolare rispetto alla lama del cippatore. Il gruppo convogliatore è mosso dal sistema idraulico del trattore ed è composto da una catena convogliatrice e due rulli controrotanti dentati (CRR), uno fisso ed uno mobile per adattarsi alla quantità di biomassa in entrata. La catena è munita di una serie di denti retrattili che permettono il trascinarsi e la piegatura dei rami da convogliare, e si trova in posizione centrale-superiore del sistema di alimentazione. La coppia di rulli controrotanti ad asse orizzontale sono immediatamente dietro la catena. Questi portano il potato a velocità costante verso la camera di cippatura, e in caso di intasamento, il moto della catena, dei rulli e del *pick up* può essere invertito tramite comandi di cabina, favorendo l'uscita del materiale. La velocità di rotazione dei rulli può essere modificata in funzione delle dimensioni del cippato che si vuole ottenere. A maggiore velocità dei rulli controrotanti corrisponderà una maggiore lunghezza del cippato ottenuto.

Sistema di cippatura

L'innovativo sistema di taglio sviluppato dalla ditta ONG snc è costituito da una coclea ad asse orizzontale su cui sono montate due lame elicoidali che, con la contro-lama fissa, permettono un taglio netto del potato. Il movimento della doppia coclea è generato meccanicamente dalla presa di forza del trattore con un rapporto 1:2, che significa che per ogni giro dell'albero corrispondono due turni di taglio da parte delle coclee. Da test effettuati su potature di pesco si è visto come la PC50 sia in grado di tagliare rami singoli anche di 80 - 100 mm di diametro, ma su andane di potature la macchina lavora agilmente fino a diametri massimi dei rami di 50 mm.

Sistema di scarico e raccolta del cippato

Delle palette posizionate all'estremità della camera di cippatura convogliano il cippato attraverso un collo d'oca a 2.500 mm di altezza dal suolo, da cui il prodotto viene espulso. Il sistema di scarico e raccolta del prodotto è

estremamente versatile ed è stato ideato in modo da rispondere alle diverse esigenze logistiche dell'azienda.

Il prodotto può essere scaricato in big-bag (Foto 3), su cassone (Foto 4) o su rimorchio trainato da un secondo trattore o posteriormente dalla stessa PC50.

La configurazione con big-bag prevede di scaricare il materiale in un sacco traspirante che riduce gli effetti fermentativi che naturalmente si verificano durante la fase di stoccaggio del materiale. Il telaio porta big-bag si aggancia posteriormente al telaio principale della macchina.

È costituito da un sistema idraulico di sollevamento del sacco traspirante, che è tenuto sospeso da quattro ganci e da due semi-pedane inferiori di sostegno che ha la funzione di favorire il corretto riempimento del sacco. In fase di scarico le semi pedane vengono aperte per favorire il distacco del big-bag pieno. Nel telaio principale della macchina è posizionata una cesta metallica con lo scopo di contenere i sacchi vuoti. Il volume del big-bag utilizzato è di 1,5 m³. Con questa attrezzatura installata è possibile scaricare il prodotto anche su un carro trainato da un secondo trattore che viaggia nell'andana adiacente. Questo è possibile in quanto il telaio porta big-bag non ostacola lo scarico laterale. Al posto del telaio porta big-bag la PC50 può montare un cassone ribaltabile di 3 m³ in cui viene raccolto il prodotto cippato.

Quando il cassone è pieno, il cippato può essere scaricato a terra, a bordo campo o su un rimorchio dell'altezza massima di 2 m. Il cassone ha un peso di 680 kg, e con questa configurazione la lunghezza totale della macchina aumenta di 1.400 mm.

Essendo la cippatrice dotata del tubo lanciatore orientabile, in alternativa al cassone ribaltabile e al telaio porta big-bag il prodotto può essere raccolto da un rimorchio trainato dalla macchina stessa oppure può essere lanciato oltre il filare e raccolto da un altro carro indipendente che segue la cippatrice nell'andana adiacente. Nel caso in cui si volesse trainare un rimorchio al gancio, si può installare sulla cippatrice il gancio di traino posteriore a cui collegare un rimorchio fino ad un peso massimo (a pieno carico) di circa 1.500 kg o tale comunque da non indurre sul gancio di traino uno sforzo nominale superiore a 250 kg.

CONCLUSIONI

La PC50 risulta una macchina estremamente versatile potendo scaricare il prodotto sia sciolto che in big-bag, con la possibilità di soddisfare differenti esigenze logistiche aziendali. L'innovazione che la PC50 apporta al panorama delle macchine per la raccolta delle potature è soprattutto legato al nuovo cippatore a coclea che fin'ora era stato impiegato solo su macchine a punto fisso. I primi test hanno inoltre mostrano che il cippato prodotto ha caratteristiche che ne permettono una più facile valorizzazione energetica rispetto a quello ottenibile dalla maggior parte delle macchine in commercio basate su trinciatori a martelli folli.

La macchina, nella sua fase pre-commerciale, sta effettuando gli ultimi test per verificarne le performance e la qualità del lavoro prima del lancio della versione commerciale.



Foto 3 - Macchina in fase di lavoro - Configurazione con big-bag.



Foto 4 - Macchina in fase di scarico del materiale cippato - Configurazione con cassone.

Bibliografia

LINS C., WILLIAMSON L. E., LEITNER S., TESKE S., 2014 - **The first decade: 2004-2014: 10 years of renewable energy progress.** Renewable Energy Policy Network for the 21st Century.

www.ren21.net/Portals/0/documents/activities/Topical20.

SAWIN J. L., SVERRISSON F., CHAWLA K., LINS C., ADIB R., HULLIN M., LEITNER S., MAZZACCARO S., MURDOCK H., WILLIAMSON L. E., 2014 - **Renewables 2014. Global status report 2014.**

SPINELLI R., PICCHI G., 2010 - **Industrial harvesting of olive tree pruning residue for energy biomass.** Bioresource Technology 101(2): 730-735.

KEYWORDS: agricultural residues, chipper, harvesting.

Abstract: Development of a new pruning prototype.

The European project Europruning has the aim to develop an European pruning supply chain for energy purpose. To reach the target also a new pruning harvester prototype has been developed to produce marketable wood product by agricultural residue. Furthermore, the machine is very adaptable to different logistic needs of agricultural farms. In this paper the new machine and its characteristics are described.

Recupero di potature di vite per la produzione di agripellet

Valutazione di una trincia-caricatrice specificamente progettata

di LUIGI PARI, VINCENZO ALFANO, ANTONIO SCARFONE, GIUSEPPE TOSCANO

In questo lavoro è stata valutata una trinciacaricatrice per potature, progettata per essere utilizzata nella filiera di produzione di agripellet. L'organo di taglio innovativo opera un taglio netto delle potature che possono essere stoccate per permettere una essiccazione naturale contenendo i fenomeni fermentativi, prima della trasformazione in pellet.

PAROLE CHIAVE: trinciacaricatrice, potature, agripellet, rotore a coltelli

Lo sviluppo della bioenergia negli ultimi anni è indirizzato verso l'utilizzo preponderante di biomasse residuali, sottoprodotti e scarti provenienti dai comparti agroforestali ed agroindustriali. In Italia tale visione rinnovata della bioenergia si è concretizzata con la modifica del sistema incentivante che, a partire dal 2013, premia maggiormente gli impianti di piccola taglia ed alimentati con sottoprodotti (D.M. 6 Luglio 2012).

Tra i residui del comparto agricolo, le potature costituiscono un'importante risorsa per un utilizzo a scopo energetico. Nonostante l'enorme potenziale, si stima infatti in Italia una disponibilità pari circa 5 Mt/anno s.s. (Enea 2009), tale risorsa risulta solo in minima parte sfruttata per una serie di ostacoli legati principalmente alla convenienza economica. Il CREA-ING è impegnato da anni nello sviluppo della filiera con azioni finalizzate a risolvere le problematiche legate alla meccanizzazione della raccolta attraverso la valutazione di macchine commerciali e allo sviluppo di nuovi prototipi, sia a livello nazionale (progetti di ricerca SUSCACE⁽¹⁾ e FAESI⁽²⁾) sia a livello internazionale (Progetto EUROPRUNING⁽³⁾).

Gli impianti di piccola taglia, che ben si inseriscono nel contesto agricolo, esigono biocombustibili con caratteristiche qualitative difficilmente riscontrabili nelle potature raccolte con le trinciacaricatrici commerciali. Queste derivano dalla modifica di comuni trinciatrici agricole e si basano su organi di taglio muniti di mazze o martelli che producono un materiale trinciato sfibrato e non omogeneo in forma e granulometria e particolarmente suscettibile ai fenomeni degradativi e fermentativi, se stoccato in cumulo prima dell'utilizzo (PARI *et al.* 2011).

La macchina testata in questo lavoro, realizzata dalla ditta Costruzioni Nazzareno con brevetto MAREV adotta, in-



Foto 1 - Trincia-raccogli-sarmenti. Costruzioni Nazzareno, modello MAREV Alba 150.

1) *Supporto Scientifico alla Conversione Agricola verso le Colture Energetiche.*

2) *Filiera Agro-Energetiche nel Sud Italia.*

3) *Development and implementation of a new and non existent logistics chain for biomass from pruning.*

LUIGI PARI, CREA ING luigi.pari@crea.gov.it - VINCENZO ALFANO, CREA ING vincenzo.alfano@crea.gov.it - ANTONIO SCARFONE, CREA ING antonio.scarfone@crea.gov.it - GIUSEPPE TOSCANO, Laboratorio Biomasse g.toscano@univpm.it - Università Politecnica delle Marche

vece, un sistema di taglio innovativo con rotore a coltelli che, operando un taglio netto delle patate, produce un trinciato con elevata qualità. Tale prodotto assume già caratteristiche di interesse per quegli impianti termici dotati di sistemi di alimentazione funzionanti su pezzature grossolane. Il modello Alba 150, in particolare, è stato progettato per essere utilizzato all'interno di una filiera più ampia, finalizzata alla produzione di agripellet. L'organo di taglio è stato concepito in modo da ottenere un trinciato con caratteristiche tali da favorire lo stoccaggio in cumulo per la disidratazione naturale, contenendo i fenomeni degradativi della biomassa, prima della trasformazione in pellet.

La pellettizzazione, che è un processo di trasformazione meccanico della biomassa per macinazione e compressione, rappresenta un'interessante soluzione in grado di superare gli ostacoli di carattere tecnico che hanno limitato finora l'utilizzo diretto dei residui di potatura (bassa massa volumica e densità energetica, disomogeneità, disponibilità stagionale) in piccoli impianti termici. L'agripellet, cioè pellet ottenuto da residui agricoli, presenta infatti caratteristiche non molto diverse dal pellet ottenuto dalle biomasse forestali, con analoghi vantaggi, quali elevata

massa volumica e densità energetica, bassa umidità, alta omogeneità. Dal punto di vista energetico il pellet prodotto dai residui di potatura non si differenzia da quello derivante da legno di piante forestali. Tuttavia, esso presenta un maggior contenuto di azoto, cloro e ceneri, quest'ultime fortemente condizionate dalla terra e inerti sollevati assieme alla potatura dalla macchina raccogli-trice. Nell'ambito di questo contributo vengono riportate le prestazioni della trincia-raccogli-sarmenti Alba 150, applicata su potature di vite, e delle valutazioni sulle potenzialità di impiego di tale mezzo nell'ambito di una filiera di produzione di agripellet.

MATERIALI E METODI

Cantiere di raccolta

Il cantiere di raccolta della prova sperimentale era costituito da una trincia-raccogli-sarmenti prodotta dalla ditta Costruzioni Nazzareno, modello MAREV Alba 150, abbinata ad un trattore Goldoni star 70 con potenza motrice di 68 CV (50 kW) (Foto 1). Per il trasporto del prodotto raccolto allo stoccaggio è stato utilizzato un carro con una capacità di 8 m³ (17,2 q).



Foto 2 - Particolare del pick-up raccogli-trice.



Foto 3 - Scarico del cassone con sollevamento a pantografo doppio.

Lunghezza (mm)	3.850
Larghezza (mm)	1.550
Altezza (mm)	1.750
Peso (kg)	2.800
Cassone (m ³)	3,0
Altezza scarico (mm)	3.000
Larghezza di lavoro (mm)	1.400

Tabella 1 - Caratteristiche tecniche della macchina oggetto di prova.



Foto 4 - Residui di potatura disposti in andana.

La macchina è trainata posteriormente al trattore, presenta un cassone ribaltabile ed è ad un asse.

La larghezza di lavoro è di 140 cm, mentre le dimensioni massime di ingombro, relativamente a larghezza, lunghezza ed altezza, sono rispettivamente 155 cm, 385 cm e 175 cm. Il peso totale è di 2.800 kg. La macchina è costituita da un sistema di raccolta "pick-up", un sistema di cippatura e da un cassone ribaltabile (Tabella 1).

Il pick-up (Foto 2) è formato da una coclea convergente di larghezza pari a 1,50 m, le cui spirali diminuiscono di diametro dall'esterno al centro da 26 a 23 cm. Esse sono dotate di rilievi per afferrare il potato e convogliarlo verso il centro della macchina. Il dispositivo è studiato per evitare di sollevare la terra assieme alla potatura, evitando l'aumento del contenuto in ceneri e mantenendo stabile il livello qualitativo del prodotto. Superiormente alla coclea agisce un infaldatore largo 1 m e alto 0,4 m.

Il prodotto viene spinto verso il sistema di taglio costituito da un cippatore largo 1 m e successivamente al lanciatore costituito da 8 palette larghe 1 m.

Il lanciatore invia il prodotto dentro il cassone attraverso una apertura di 25 cm x 1 m.

Il cassone è lungo 206 cm, largo 157 cm e alto 91 cm ed è sollevabile a 3 m attraverso un sistema a pantografo doppio (Foto 3).

Lo scarico avviene aprendo una apertura laterale alta 63 cm che funge da scivolo e il ribaltamento laterale ad opera in un pistone idraulico. La potenza, acquisita dalla presa di potenza a 540 giri, viene inviata agli organi di taglio attraverso cinghie e al pick-up attraverso catene.

Il circuito idraulico del trattore trasmette la pressione ad

una centralina idraulica della macchina che comanda l'alzo, apertura dello sportello e ribaltamento laterale.

Il modello utilizzato per la prova è stato realizzato per la raccolta in impianti a tendone e presenta quindi un cassone di ingombro limitato, altri modelli per operare su impianti a spalliera hanno cassoni di maggiori dimensioni.

Caratteristiche della coltura e del prodotto andanato

Le prove sperimentali sono state eseguite nel mese di Febbraio 2016 in località Calle, Comune di Illasi in provincia di Verona. Il vigneto, allevato a tendone, era composto da piante di 30 anni della varietà "Garganeca" per la produzione di Soave ed era situato in una zona pianeggiante, su un terreno di medio impasto dotato di un sistema di irrigazione. L'altezza del tendone era di 2 m con un sesto di impianto di 4 m fra le file e 80 cm sulla fila.

Al fine di caratterizzare il materiale andanato (Foto 4) sono state misurate altezza e larghezza delle andane in dieci punti scelti in modo casuale.

Prestazioni delle macchine

Durante la raccolta è stata valutata la produttività del cantiere secondo lo schema di classificazione dei tempi di lavoro in agricoltura concordato in sede internazionale dal C.I.O.S.T.A. (Commission Internationale de l'Organisation Scientifique du Travail en Agriculture), in accordo con le raccomandazioni dell'Associazione Italiana di Ingegneria Agraria (AIIA). Si è provveduto a registrare su un apposito software i tempi necessari alle diverse operazioni durante la raccolta e ad eseguire le successive elaborazioni (BOLLI *et al.* 1987). Le misurazioni hanno interessato una superficie complessiva di 0,74 ha.

Qualità del lavoro

Allo scopo di valutare la qualità del lavoro svolto, successivamente al passaggio delle macchine si è provveduto a determinare le perdite di raccolta pesando il materiale rimasto a terra all'interno di 5 plots di 20 m² ciascuno, individuati a caso sulla superficie oggetto delle prove.

Classificazione del prodotto raccolto

Si è proceduto a prelevare diversi campioni di prodotto trinciato con lo scopo di effettuare la valutazione del contenuto idrico (secondo la normativa EN 14774-1:2009) e della massa volumica apparente (secondo la normativa EN 15103:2010). È stata inoltre misurata la lunghezza degli elementi di trinciato di un campione rappresentativo al fine di classificarlo per classi dimensionali.

RISULTATI

Caratteristiche del prodotto da raccogliere trinciato e perdite di prodotto

Le andane considerate per lo svolgimento della prova presentavano una lunghezza media di 98 m, un'altezza media di 0,4 m e una larghezza media di 1,3 m.

Ulteriori caratteristiche in Tabella 2

Prestazioni delle macchine

L'operatrice ha mostrato una velocità operativa di 2,16 km h⁻¹ (0,60 ms⁻¹) alla quale è corrisposta una capacità di lavoro effettivo pari a 1,89 ha h⁻¹ ed una capacità di lavoro operativa pari a 0,86 ha h⁻¹. Il rendimento operativo è risultato pari al 45,55% del tempo operativo (Tabella 3). Si è potuto verificare che i tempi accessori sono risultati essere rappresentati dai tempi per le voltate in capezzagna (14,67%) e dai tempi di scarico del cassone (39,78%). Il consumo di carburante è stato di 3,6 l h⁻¹ (Tabella 4)

Caratteristiche del prodotto raccolto e perdite di prodotto

Il prodotto raccolto non presentava inquinamento da corpi estranei evidenti risultando esente da terriccio o sassi. La massa volumica rilevata è stata di 151,3 kg m⁻³, l'umidità del 40%. Considerando la quantità totale di biomassa raccolta durante le prove ed il prodotto rimasto a terra sono state rilevate perdite di raccolta del 14,3 %, pari a circa 0,39 t ha⁻¹ di perdita totale. La lunghezza media del trinciato è risultata pari a 9,8 cm (con un minimo di 2 cm e massimo 24,5 cm). Per il 50% il materiale misura più di 10 cm. Il trinciato non si presta pertanto per un utilizzo diretto negli impianti per la conversione energetica di piccola taglia. D'altronde, l'organo di taglio è stato progettato proprio per ottenere un prodotto con tali caratteristiche dimensionali, al fine di migliorare la fase di stoccaggio in cumulo, prima del processo di pellettizzazione, una volta raggiunto il tenore di umidità idoneo.

Produzione e qualità dell'agripellet

La stagionatura all'aria del trinciato di potature riduce il contenuto di umidità dal 40-45% su t.q. fino a valori prossimi al 18-20% su t.q. sufficienti, su questo tipo di biomassa solida, per poter essere sottoposta direttamente alla pellettizzazione. La mancanza del processo di essiccazione, presente invece nella produzione industriale del pellet di legno, ha importanti ricadute nell'ottica di sviluppo della filiera dell'agripellet (TOSCANO 2013). Infatti, oltre ad abbattere i costi di produzione, legati all'investimento e all'esercizio di questo processo, si apre la strada alla possibilità di produrre agripellet direttamente sul territorio di produzione del trinciato di potatura mediante macchine di pellettizzazione semplificate e trasportabili (GUERCIO e TOSCANO 2014). Questo percorso operativo - configurabile come una filiera corta di produzione di biocombustibile solido - è stato anche testato nell'ambito del progetto europeo MixBioPells⁽⁴⁾, coordinato per l'Italia dal Comitato Termotecnico Italiano. Nell'arco di questo periodo sperimentale le potature di vite raccolte dal modello MAREV Alba 150 e sottoposte alla pellettizzazione sono state analizzate presso il Laboratorio Biomasse⁽⁵⁾ dell'Università Politecnica delle Marche di Ancona al fine di verificarne la compatibilità con gli attuali standard qualitativi e le potenzialità di utilizzo. La Tabella 5 mostra una sintesi di alcuni dei più importanti parametri qualitativi ottenuti mediante le analisi di laboratorio sui campioni di pellet di potature di vite prodotte nel corso di diverse prove di raccolta e pellet-

Giacitura	Pianeggiante
Superficie raccolta (ha)	0,74
Varietà di vite coltivata	Garganeca
Sesto d'impianto (m)	0,8 x 4
Altezza andane (m)	0,4
Larghezza andane (m)	1,3
Quantità di patate raccolte (t/ha)	2,31
Umidità del patate a terra (%)	39,9

Tabella 2 - Caratteristiche del prodotto andanato.

Tempo standard TS		
Tempo effettivo TE	%	45,55
Tempo accessorio TA	%	54,45
- Tempo per voltate TAV	%	14,67
- Tempo per rifornim. o scarichi TAS	%	39,78
- Tempo per manutenzione TAC	%	0
Tempo di riposo TR	%	0
Tempo morto inevitabile TMI	%	0
Tempo standard	%	100
Operatività della macchina		
Rendimento operativo Ro	%	45,55
Velocità effettiva ve	m s ⁻¹	1,31
Velocità operativa vo	m s ⁻¹	0,60
Capacità di lavoro effettiva	ha h ⁻¹	1,89
Capacità di lavoro operativa	ha h ⁻¹	0,86
Produzione oraria operativa	t h ⁻¹	1,99

Tabella 3 - Tempi standard ed operatività della macchina trinci-caricatrice.

Consumo per quantità raccolta	l t ⁻¹	1,83
Consumo per superficie lavorata	l ha ⁻¹	4,23
Consumo orario	l h ⁻¹	3,63

Tabella 4 - Consumi di combustibile della trattrice.

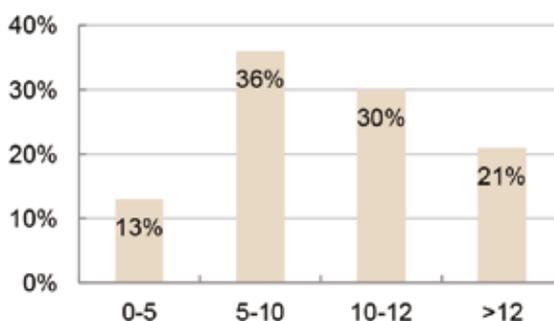


Grafico 1 - Suddivisione per classi dimensionali del materiale trinciato.

tizzazione. Per ciascun parametro viene indicata la classe di appartenenza secondo la norma UNI EN ISO 17225-2:2014 che definisce le specifiche e classi di qualità del pellet di legno. Come si osserva dalla tabella il contenuto in ceneri è l'unico parametro che risulta fuori specifica. Va sottolineato come le specifiche sul pellet sono state sviluppate basandosi principalmente sulle proprietà del legno di origine forestale e non considerando legni di derivazione agricola quali le potature di piante da frutto. Tuttavia, i valori del contenuto in ceneri emersi nell'ambito delle analisi sarebbero stati ben più elevati se le macchine della MAREV non disponessero di un apparato di sollevamento della potatura progettato per limitare la presenza di terra

Parametro	Unità	Valori	Classe di qualità di appartenenza ^(*)
Umidità	% t.q.	< 8	A1
Massa volumica	t m ⁻³ t.q.	> 650	A1
Durabilità	% t.q.	> 98	A1
Ceneri	% s.s.	3,5 - 4,3	Fuori specifica
Potere calorifico inferiore	MJ kg ⁻¹ t.q.	17,2 - 18,6	A1
Azoto	% s.s.	0,3 - 0,9	B
Cloro	% s.s.	0,03 - 0,09	I3
Zolfo	% s.s.	0,01 - 0,05	B - I3
Temperatura di fusione	°C	> 1.350°C	Elevata

(*) la classe A1 e B appartengono alla specifica del prodotto per l'uso commerciale e domestico. La classe I3 è relativo alla specifica del pellet di legno ad uso industriale (UNI EN ISO 17225-2:2014).

Tabella 5 - Qualità degli agripellet di potature di vite raccolte con modelli MAREV (Laboratorio Biomasse, Università Politecnica delle Marche).

ed impurità frammista alla potatura.

Di contro il potere calorifico inferiore si attesta su valori alti (circa 4,8 kWh kg⁻¹) che, combinato con l'elevata massa volumica, conferisce all'agripellet di potature di vite un valore di densità energetica superiore a 11,5 GJ m⁻³, oltre 4 volte quella di un cippato di legno di media qualità.

CONCLUSIONI

Nonostante le enormi potenzialità, il recupero delle potature a scopo energetico risulta ancora frenato per una serie di ostacoli di carattere sia economico che tecnico. La convenienza economica alla raccolta di tali residui è penalizzata fondamentalmente dalla bassa massa volumica e densità energetica che, associata alla dispersione sul territorio, rende la fase logistica molto onerosa. Dal punto di vista tecnico, se la trinciatura produce un prodotto più facilmente movimentabile, riducendo i costi di trasporto (rispetto al prodotto imballato), le caratteristiche qualitative ottenute con le trinciatrici convenzionali non risultano sempre appetibili per gli impianti per la conversione energetica di piccola taglia.

La macchina testata, progettata per essere inserita nella filiera di produzione di agripellet, operando con un innovativo organo di taglio, offre un prodotto esente da sbrature e con dimensioni ideali per lo stoccaggio in cumulo, contenendo i fenomeni degradativi della biomassa, prima della successiva trasformazione in pellet. L'agripellet che si ottiene, presenta caratteristiche che lo rendono interessante come alternativa al cippato di legno per l'alimentazione di caldaie, anche di bassa potenza purché dotate di sistemi per gestire il contenuto di ceneri di questo prodotto. Inoltre, l'elevata densità energetica del pellet di potature di vite ne favorisce un trasporto più economico, ampliando così il raggio di utilizzo energetico della potatura. La macchina ha evidenziato buone prestazioni complessive. L'operatività, tuttavia, risulta penalizzata dai tempi di scarico che incidono per il 40% sul tempo di lavoro complessivo. Se si escludessero i tempi di scarico, la macchina sarebbe in grado di lavorare quasi 2 ha h⁻¹. Tale aspetto è fondamentalmente legato al fatto di operare su impianti a tendone e quindi con un cassone di dimensioni limitate.

L'organizzazione logistica del cantiere potrebbe in que-

sto caso essere migliorata operando per esempio con un doppio scarico su due rimorchi ai lati opposti del campo.

Bibliografia

BOLLI P., SCOTTON M., 1987 - **Lineamenti di tecnica della meccanizzazione agricola**. Edagricole.

EN 14774-1:2009 - Solid biofuels Determination of moisture content - Oven dry method.

EN 15103:2010 - Solid biofuels. Determination of bulk density.

GUERCIO A., TOSCANO G., 2015 - **Il pellet**. Dario Flaccovio Editore.

MOTOLA V., COLONNA N., ALFANO V., GAETA M., SASSO S., DE LUCA V., DE ANGELIS C., SODA A., BRACCIO G., 2009 - **Censimento potenziale energetico biomasse, metodo indagine, atlante Biomasse su WEB-GIS**. Report ENEA - Ricerca Sistema Elettrico, RSE/2009/167.

PARI L., CROCE S., ACAMPORA A., ASSIRELLI A., 2011 - **Prove comparative di soluzioni commerciali per la raccolta delle potature di olivo**. In LUIGI PARI (Ed.): Lo sviluppo delle colture energetiche in Italia. Il contributo dei progetti di ricerca SUSCACE e FAESI. Ed. Nuova Cultura, 2011. pp. 885-895.

TOSCANO G., 2013 - **Agripellet quale soluzione per il riutilizzo energetico dei sottoprodotti agricoli**. I sottoprodotti agroforestali e industriali a base rinnovabile. Vol. 2. CTI Editore. Pagg. 75-84.

UNI EN ISO 17225-2:2014 - **Biocombustibili solidi - Specifiche e classificazione del combustibile - Parte 2: Definizione delle classi di pellet di legno**

KEYWORDS: mulcher loader, pruning, agripellet, rotor with knives.

Abstract: Harvesting vineyard pruning for agripellet production. Prunings are a good source of biomass for energy. Large amount of pruning are available, but currently are not exploited, mainly due to the low energy density, and the scarce suitability for small size plants. The pellet production can overcome these limits, offering an high energy density product suitable also for domestic heating systems. A pruning harvester, specifically designed for the agripellet chain, has been tested in a vineyard. The innovative cutting system, a rotor with knives, produces regular cuts without defibring or stripping the shoots. The collected material can be stored allowing a natural drying, avoiding fermentation, before being processed into pellets. The paper shows the performance of the machinery and gives a chemical characterization of the agripellet from vineyard pruning.

4) *MixBiopells: Market Implementation of Extraordinary Biomass Pellets.*

5) www.laboratorjobiomasse.it

Una barra flessibile per le colture energetiche

Soluzione innovativa per i terreni sassosi

di LUIGI PARI, ANGELO DEL GIUDICE, FRANCESCO GALLUCCI, ENRICO SANTANGELO

La raccolta delle colture energetiche erbacee su terreni sassosi evidenzia la necessità, di operare con la testata di raccolta sollevata al fine di evitare il contatto lama/sasso. Per ovviare a tale problematica è stato sviluppato un nuovo prototipo in grado di operare anche su campi caratterizzati da una forte presenza di sassi.

PAROLE CHIAVE: colture energetiche, barra, terreni sassosi, raccolta meccanizzata

Le colture dedicate per la produzione di biomassa a scopo energetico sono oggetto di un crescente interesse. Le diverse indicazioni U.E. prevedono l'utilizzo gerarchico ed efficiente delle biomasse attraverso la valorizzazione delle diverse frazioni. Nel panorama delle colture per la produzione di biocombustibili lignocellulosici che potrebbero adattarsi alle nostre condizioni attenzione crescente è rivolta a alcune colture erbacee poliennali.

Tra le specie poliennali che si prestano meglio alle condizioni xerothermiche dell'Europa meridionale (TUCK *et al.* 2006, GRAMMELIS *et al.* 2008) il cardo (*Cynara cardunculus* L.) rappresenta una coltura molto promettente in quanto, grazie alla sua rusticità, riesce ad adattarsi anche su terreni aridi e marginali. Si tratta di una specie poliennale, con oltre 10 cicli di sviluppo (ANGELINI *et al.* 2008, GHERBIN *et al.* 2001), e può raggiungere un'altezza di 3 metri mentre l'apparato radicale può raggiungere i 7 metri di profondità (FERNANDEZ *et al.* 2006). In contesti dove la disponibilità di acqua risulta un fattore limitante, potrebbe essere preferito ad altre colture come il sorgo da fibra, canna comune e miscanto (Solano *et al.* 2010).

Considerata la tipologia del prodotto finale e la trasformazione a cui esso è destinato le peculiarità associabili a tale coltura sono, in definitiva, riconducibili alla disponibilità a bocca impianto di elevate quantità di biocombustibile poco costoso con buone caratteristiche energetiche: resa elevata; ridotti costi di produzione; umidità alla raccolta contenuta; elevato PCI (CASTELLI 2011). In termini energetici, dalla coltura è possibile ottenere due prodotti: biomas-

sa lignocellulosica per la produzione di energia (FERNANDEZ *et al.* 2007, GOMINHO *et al.* 2010) e i semi da cui si estrae



Foto 1 - In alto particolare del prototipo, in basso il prototipo durante le fasi di raccolta.

LUIGI PARI, CREA ING luigi.pari@crea.gov.it - ANGELO DEL GIUDICE, CREA ING angelo.delgiudice@crea.gov.it
FRANCESCO GALLUCCI, CREA ING francesco.gallucci@crea.gov.it - ENRICO SANTANGELO, CREA ING enrico.santangelo@crea.gov.it

l'olio per la produzione di biodiesel (GOMINHO *et al.* 2011, SENGO *et al.* 2010), in modo simile ad altre colture oleaginose come il girasole o il cartamo (MANZANARES e FERNANDEZ 1990), difatti la composizione degli acidi grassi dell'olio è molto simile a quella del girasole (CURT *et al.* 2002, FOTI *et al.* 1999, MACCARONE *et al.* 1999).

Negli ultimi anni il CREA-ING ha contribuito alla messa a punto di nuovi sistemi di meccanizzazione per la raccolta del cardo che consentono la separazione delle diverse frazioni utilizzabili della pianta, nell'ottica di diminuire l'impatto ambientale dei processi produttivi, contenere i costi di raccolta e rendere disponibili soluzioni tecniche che possano contribuire alla fase di avvio di nuove filiere.

LE SOLUZIONI MECCANICHE

Il CREA-ING si è interessato alla raccolta del cardo sin dal 2007 analizzando le principali problematiche ed i maggiori limiti rappresentati dalla coltura, alla luce di queste esperienze è stato realizzato un primo prototipo, modificato nel 2008 (Foto 1), in collaborazione con la ditta Cressoni di Volta Mantovana (MN) al fine di migliorare le prestazioni durante le fasi di raccolta (PARI *et al.* 2009).

Il prototipo realizzato combinava i dispositivi di una testata da mais a sei file a quelli di una classica testata da grano. La macchina realizzata operava su due livelli a seconda delle operazioni necessarie per ottenere i due diversi prodotti. La parte superiore provvedeva al distacco dei capolini da inviare all'apparato trebbiante della mietitrebbiatrice; la parte inferiore invece operava il condizionamento, la falciatura e l'andatura della biomassa epigea; i residui della trebbiatura dei capolini a loro volta venivano rilasciati sull'andana di biomassa, mentre i semi erano raccolti dalla mietitrebbiatrice (PARI *et al.* 2009).

Nel corso dell'annata agraria 2013/14 il CREA-ING è stato impegnato nello svolgimento di prove di raccolta del cardo condotte in Sardegna. Le caratteristiche operative evidenziate sono apparse estremamente diverse da quel-

le riscontrate in altre regioni d'Italia, laddove la presenza eventuale di sassi viene risolta attraverso lo spietramento e/o la macinatura dei sassi. Infatti, durante le fasi di raccolta è stata evidenziata la possibilità di rottura della lama a contatto con i sassi e la necessità dell'operatore di operare con testata alzata per evitare il contatto lama/sasso. Ne è derivato che l'altezza di taglio è risultata il più delle volte superiore ai 40 cm lasciando quindi in campo una rilevante frazione di prodotto non raccolto.

Al fine di ovviare alle problematiche operative riscontrate, il CREA-ING ha progettato e ideato in collaborazione con la ditta Cressoni un nuovo prototipo a barra flessibile azionato da un sistema di rilevamento e segnalazione della presenza di ostacoli (Foto 2).

DESCRIZIONE DELLA BARRA A LAMA FLESSIBILE

La barra di nuova concezione, per la raccolta delle colture energetiche, è posta su una struttura oscillante per 150 mm in altezza che termina con dei falconi che possono scavalcare eventuali sassi seguendo il profilo del terreno (Figura 1).

I falconi, in numero di 28, lunghi 250 mm alti 100 mm e dotati di una slitta di 20 mm di larghezza, per la loro



Foto 2 - Prototipo di nuova concezione per la raccolta del cardo a barra flessibile.

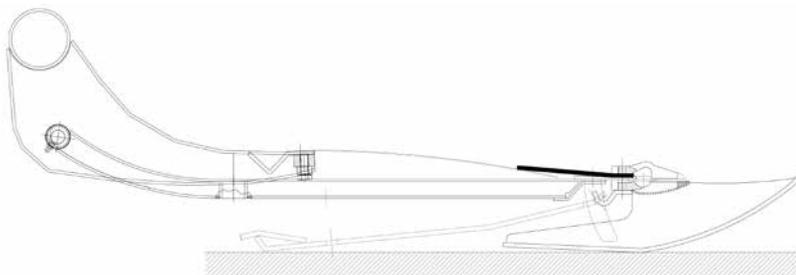


Figura 1 - Particolare falconi.

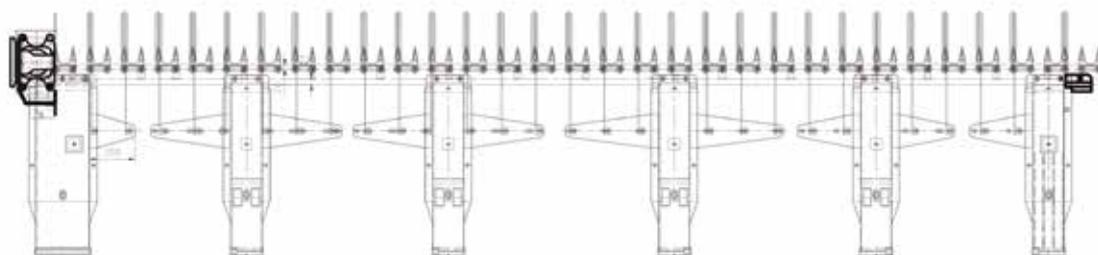


Figura 2 - Struttura mobile supportata da 6 bracci.

particolare forma, sono in grado di far salire la lama sopra i sassi evitandone il contatto. Questi sono saldati su dei denti guidalama posti ad una distanza di 150 mm l'uno dall'altro; le sezioni di taglio della lama triangolari di 75 mm di larghezza, fuoriescono di 15 mm dal guidalama in modo tale da effettuare anche il taglio di ceppaie di grosse dimensioni.

La struttura mobile è supportata da 6 bracci oscillanti incernierati su di un telaio fisso (Figura 2), uno dei 6 bracci è largo 240 mm sul quale è montata la scatola di azionamento del moto della lama, i restanti cinque sono larghi 140 mm e di lunghezza pari a 800 mm.

Sopra ciascun braccio oscillante è posto un tastatore che trasmette l'oscillazione della parte mobile attraverso una barra di torsione posta lungo tutta la larghezza della macchina ad un trasduttore angolare (REOSTATO). Questo trasferisce il segnale elettrico alla centralina della mietitrebbia in modo che ad un innalzamento della parte mobile corrisponda un innalzamento della testata e viceversa. I sei bracci mobili possono fluttare indipendentemente gli uni dagli altri, ne deriva che la lama può flettere adattandosi alle asperità del terreno (Figura 3).

Per fare ciò la culla della coclea inferiore (parte fissa) è collegata con una lamina in acciaio armonico alla parte mobile e si muove con essa attraverso un sistema di scorrimento tra lamiere. Sotto la parte mobile è montata una struttura di protezione costituita da 6 slitte in acciaio antiusura (2 laterali larghe 400 mm e 4 centrali larghe 890 mm lunghe 600 mm), per proteggere la parte mobile dallo sfregamento su massi e pietre.

La coclea inferiore, di 300 mm di diametro, è dotata di dita

retrattili (Figura 3), in fuoriuscita dal diametro della spirale nella parte anteriore ed a scomparsa nella parte posteriore, che ha il compito di convogliare gli steli di cardo tagliati dalla lama di taglio e sminuzzati dai rulli controrotanti verso il centro della testata per essere scaricata a terra, tra le ruote della mietitrebbia in andana.

Superiormente è montata una testata derivata da una testata da mais, la cui funzione è quella di staccare i capolini convogliandoli all'interno della mietitrebbia, mentre lo stelo viene processato nella parte inferiore, derivata da una testata da frumento, per essere poi convogliato verso il centro e scaricato in andana tra le ruote della mietitrebbia (Figura 4).

La testata superiore, posta a 700 mm dalla lama di taglio, è costituita da 9 elementi distanti 500 mm l'uno dall'altro. Ciascun elemento lungo 800 mm e largo 440 mm presenta superiormente delle catene trasportatrici per il convogliamento dei capolini alla coclea superiore (Figura 5). Sotto le catene sono poste due lame di distacco che possono essere regolate idraulicamente dalla mietitrebbia in relazione al diametro dei capolini ed al diametro dello stelo apicale, sottostanti a questi insistono i rulli mungitori. Questi, ultimi, controrotanti e dotati di lame in numero di 4, hanno la funzione di tirare verso il basso lo stelo, afferrato a circa 800 mm da terra, fino a che il capolino non viene staccato dalle lame di distacco, provocandone contemporaneamente lo sminuzzamento.

CONCLUSIONI

Le colture energetiche possono essere una risorsa preziosa per la valorizzazione dei terreni marginali. Tuttavia

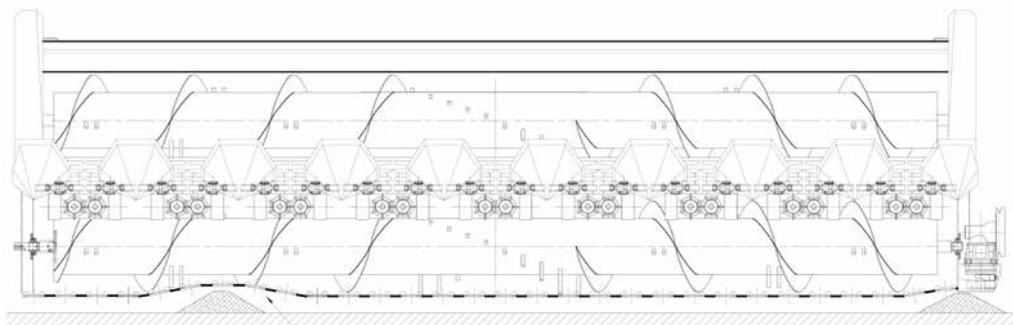


Figura 3 - Lama che si adatta alle asperità del terreno.

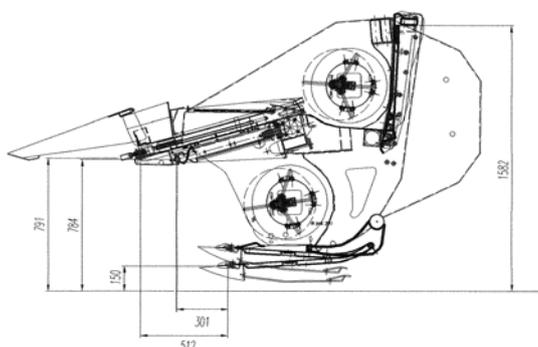


Figura 4 - Particolare della testata in sezione.

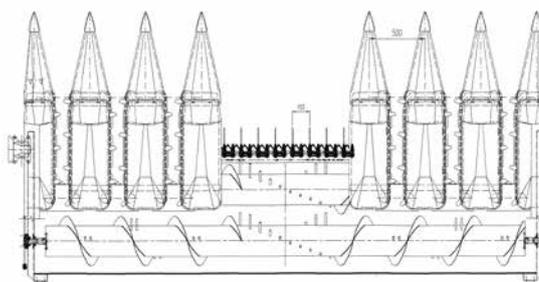


Figura 5 - Testata vista dall'alto, in evidenza le catene trasportatrici per il convogliamento dei capolini.

operando in ambienti marginali si originano nuovi problemi che richiedono l'identificazione di nuove soluzioni ingegneristiche. La rusticità del cardo permette la sua crescita in terreni difficili come quelli sassosi della Sardegna. In tale situazione, l'uso di mietitrebbie convenzionali avrebbe portato a notevoli perdite di biomassa perché, per evitare rotture, la barra deve essere mantenuta 40-50 cm da terra. L'innovazione tecnica proposta sembra possedere le caratteristiche tecniche idonee per ridurre le perdite di biomassa riducendo appunto l'altezza di taglio, assicurando il recupero di grandi quantità di biomassa anche in campi caratterizzati dalla presenza di sassi. Test sperimentali sono in atto al fine di verificare l'efficienza della barra e del sistema sensoristico.

Bibliografia

ANGELINI L. G., CECCARINI L., DI NASSO N. N., BONARI, E. 2009 - **Long-term evaluation of biomass production and quality of two cardoon (*Cynara cardunculus* L.) cultivars for energy use.** Biomass and bioenergy, 33(5), 810-816.

CASTELLI S., 2011 - **L'impiego dei biocombustibili solidi cap. 19.** In: Biomasse ed energia. Produzione, gestione e processi di trasformazione. Maggioli editore

CURT M. D., SANCHEZ G., FERNANDEZ J., 2002 - **The potential of *Cynara cardunculus* L. for seed oil production in a perennial cultivation system.** Biomass and Bioenergy 23 (1): 33-46.

FERNÁNDEZ J., CURT M.D., AGUADO P.L. - **Industrial applications of *Cynara cardunculus* L. for energy and other uses.** Industrial Crops and Products 2006; 24 : 222-229.

FERNÁNDEZ J., MANZANARES P. - ***C. cardunculus* L. a new crop for oil, paper pulp and energy.** In: GRASSI G., GOSSE G., DOS SANTOS G., editors. Proceedings of the International Conference on Biomass for Energy and Industry. New York: Elsevier, 1990:1184-1189.

GHERBIN P., MONTELEONE M., TARANTINO E. - **Five year evaluation on Cardoon (*Cynara cardunculus* L. var. *altilis*) biomass production in a Mediterranean environment.** Italian J. Agron. 2001;5:11- 19.

GOMINHO J., LOURENÇO A., CURT M., FERNÁNDEZ J., PEREIRA H. 2009 - **Characterization of hairs and pappi from *Cynara cardunculus* capitula and their suitability for paper production.** Industrial crops and products, 29(1), 116-125.

GOMINHO J., LOURENÇO A., PALMA P., LOURENÇO M. E., CURT M. D., FERNÁNDEZ J., PEREIRA H., 2011 - **Large scale cultivation of *Cynara cardunculus* L. for biomass production-a case study.** Industrial Crops and Products, 33(1), 1-6.

PARI L., CIVITARESE V., ASSIRELLI A., DEL GIUDICE A. 2009 - **Il prototipo che abbatte i costi della raccolta del cardo.** L'Informatore Agrario, vol. suppl. n° 2 al n° 29; p. 8-11.

SENGO I., GOMINHO J, D'OREY L., MARTINS M., DUARTE E., PEREIRA H., FERREIRA-DIAS S. - **Response surface modelling and optimization of biodiesel production from *Cynara cardunculus* oil.** Eur. J. Lipid Sci. Technol. 2010;112:310-320.

SOLANO M.L., MANZANEDO E., CONCHESO R., CURT M.D., SANZ M., FERNÁNDEZ J. - **Potassium fertilisation and the thermal behaviour of *Cynara cardunculus* L.** Biomass & Bioenergy 2010;34:1487-1494.

KEYWORDS: energy crops, bar, stony soils, harvesting.

Abstract: A bar flexible for stony. A new prototype for harvesting of energy crops. Harvesting *cynara cardunculus* in marginal land, characterized by high presence of stones, require to keep the basal cut at a distance of 40 cm to avoid blade brakeage. Thus, an important part of the product were left on the soil. To overcome this problem, a new prototype, able to follow the soil profile has been developed. The description of the technical solutions adopted are reported.

Sistemi meccanici per la raccolta del cartamo

Prime prove

di LUIGI PARI, VINCENZO ALFANO, ENRICO SANTANGELO

Al fine di dare indicazioni agli agricoltori interessati alla coltivazione del cartamo su come regolare i diversi apparati del sistema trebbiante e della imballatrice per permettere il recupero delle due frazioni, contenendo le perdite di prodotto, è stato testato un cantiere per la raccolta del seme e successiva imballatura della frazione lignocellulosica.

PAROLE CHIAVE: cartamo, raccolta, meccanizzazione, biomassa, chimica verde

Il cartamo (*Carthamus tinctorius* L.) è un'interessante coltura per le sue molteplici utilizzazioni. Quelle classiche, vanno dall'estrazione dell'olio dagli acheni a scopo alimentare, all'estrazione di coloranti alimentari e industriali o di principi attivi da utilizzare in medicina dalle corolle. La pianta intera, raccolta alla comparsa dei bottoni floreali, può essere utilizzata per la produzione di foraggio verde o di insilati (PRIMI *et al.* 2010).

Le buone rese in olio e le caratteristiche qualitative dello stesso, rendono quindi la coltura particolarmente interessante per le diverse trasformazioni negli impianti di bioraffineria.

L'interesse per la coltura (Foto 1), inoltre, è legato al possibile inserimento in rotazione negli ordinamenti colturali nelle aree asciutte dell'Italia meridionale e insulare da sempre destinate alla cerealicoltura, per l'adattabilità a semine autunno-invernali e all'utilizzo delle macchine impiegate per la semina e la raccolta del frumento (MARRAS e ATTENÈ 1984).

La coltura ben si adatta alle condizioni xerotermiche dell'Europa meridionale ed in particolare del bacino del mediterraneo ed andrebbe preferita ad altre specie nei casi in cui l'acqua dovesse risultare un fattore limitante. L'apparato radicale consente di esplorare il terreno fino ad una profondità di 4 m. Le rese ad ettaro sono strettamente correlate alle precipitazioni registrate durante l'anno, ad ogni modo alcuni studi hanno evidenziato livelli di produttività elevati anche in ambienti molto secchi.

In questo lavoro si è valutato il cantiere per la raccolta del

seme ed imballatura della biomassa lignocellulosica. Le frazioni così ottenute possono essere indirizzate alla bioraffineria per le diverse trasformazioni: estrazione di olio dai semi per la produzione di biodiesel o biopolimeri per la produzione di bioplastiche, biolubrificanti o biochemicals e produzione diretta di energia termica e/o elettrica dalla combustione della biomassa. Tale processo consente di ottimizzare lo sfruttamento integrale della coltura, valorizzare il sottoprodotto e ridurre i costi di produzione.



Foto 1 - Impianto di cartamo oggetto delle prove.

LUIGI PARI, CREA ING luigi.pari@crea.gov.it - VINCENZO ALFANO, CREA ING vincenzo.alfano@crea.gov.it
ENRICO SANTANGELO, CREA ING enrico.santangelo@crea.gov.it

In questo lavoro vengono riportati i risultati delle prime prove di raccolta condotte presso Porto Torres (Sardegna) nell'ambito del Progetto BIT3G - Bioraffineria di III generazione integrata nel territorio, coordinato da Novamont.

MATERIALI E METODI

La coltura: caratteristiche botaniche ed esigenze ambientali

Il cartamo (*Carthamus tinctorius*) è una pianta oleaginosa a ciclo annuale appartenente alla famiglia delle Asteracee. È considerata una coltura da rinnovo con ciclo primaverile - estivo. Con clima favorevole si semina in autunno.

Presenta un apparato radicale profondo fittonante che può raggiungere la profondità di 4 m. Il fusto è eretto con molte ramificazione e può raggiungere un'altezza di 180 cm. A inizio fioritura le foglie diventano spinose; i fiori hanno un colore che può andare dal giallo all'arancione. È una pianta rustica, resistente alla siccità, ma poco tollerante il freddo. Per poter germinare richiede una temperatura di almeno 15 °C. Per quanto riguarda il terreno, il cartamo si adatta anche ai terreni argillosi, in assenza di ristagni idrici. Può essere inserita all'interno di una rotazione con ottime funzioni di cover crop.

Tecnica colturale

La preparazione del letto di semina viene realizzata con le stesse modalità ed attrezzature impiegate normalmente per la coltivazione del frumento. Essa prevede un'aratura leggera seguita da erpicatura pre-semina. La concimazione è fatta in funzione dell'analisi del suolo e delle asportazioni della coltura.

La semina viene generalmente effettuata nei mesi di febbraio - Marzo al Nord Italia, mentre nelle zone più calde può essere anticipata all'autunno. La semina si effettua a file distanti circa 45 cm; la quantità di seme impiegato

deve essere tale da garantire un investimento di 45.000 - 65.000 piante per ettaro. Il cartamo è una coltura molto competitiva nei confronti delle infestanti e la lotta alle malerbe viene effettuata con mezzi meccanici quali sarchiatrici ed erpici. Non è necessaria l'irrigazione.

Cantiere di raccolta

La prova è stata condotta con mietitrebbia Laverda L524 abbinata a testata da grano (Foto 2), seguita da rotoimballatrice Feraboli FF50 portata dal trattore Same Iron 150.7 Hi-Line (Foto 3). Gli organi di trebbiatura della mietitrebbia erano stati regolati come per la trebbiatura del grano (Tabella 1), avendo il seme di cartamo dimensioni simili, 20 mm di lunghezza per 2 mm di diametro, ma la ventilazione era stata chiusa al minimo in quanto il peso specifico del seme risulta essere più inferiore a quello del grano (il peso di 1.000 semi è risultato essere 723,6 g). La rotoimballatrice è stata regolata come per la raccolta di paglia di grano. Non è stato usato il ranghinatore in quanto la mietitrebbia aveva formato una andana compatta.

Rilievi sulla coltura

I rilievi in campo sulla coltura sono stati effettuati su 6 plots di 4 m² ciascuno, individuati a caso sulla superficie oggetto delle prove. I parametri rilevati in pre raccolta sono: densità effettiva (piante ha⁻¹), percentuale di allettamento, altezza e diametro della pianta all'altezza di taglio, diametro dei capolini, numero di capolini per pianta, biomassa raccogliabile.

Prestazioni delle macchine

I tempi di raccolta sono stati rilevati secondo la metodologia ufficiale della Commission Internationale de l'Organisation Scientifique du Travail en Agriculture (C.I.O.S.T.A.) e le raccomandazioni dell'Associazione Italiana di Genio Rurale (A.I.G.R.) 3A R1, provvedendo a registrare su un



Foto 2 - Mietitrebbia Laverda L524 con testata da grano.



Foto 3 - Rotoimballatrice Feraboli FF50 e trattore Same Iron 150.7 Hi-Line.

Velocità di rotazione battitore (giri/min)	850
Apertura massima della griglia (cm)	5,4
Velocità di rotazione ventilatore (giri/min)	400
Apertura del crivello superiore (mm)	11
Apertura del crivello inferiore (mm)	6

Tabella 1 - Regolazioni impostate nella mietitrebbia.

apposito software sviluppato in ambiente Visual Basic i tempi necessari alle diverse operazioni durante la raccolta e ad eseguire le successive elaborazioni (BOLLI *et al.* 1987). La prova è stata effettuata su una superficie di 1,71 ha.

Qualità del lavoro

Allo scopo di valutare la qualità del lavoro svolto dalla macchina operatrice sono stati rilevati l'altezza di taglio, le perdite di prodotto, le impurità e la percentuale di semi rotti.

Le perdite di prodotto hanno riguardato sia le perdite di semi, rilevando su 20 plots di 1 m² il numero e peso dei semi perduti, sia le perdite di paglia rilevando su 10 plots di 9 m² la paglia rimasta in campo dopo l'imballatura.

Classificazione del prodotto raccolto

Il prodotto raccolto è stato classificato seguendo la metodologia ufficiale proposta nelle Specifiche Tecniche del Comité Européen de Normalisation (TS/CEN), dalla fase di campionamento allo svolgimento delle prove di laboratorio. Sulla base dei campioni di raccolti sono stati valutati i seguenti aspetti:

- massa volumica del seme e delle rotoballe (EN 15103:2010);
- umidità del seme e della biomassa (EN 14774-1:2009);
- peso di mille semi.

RISULTATI

Caratteristiche morfologiche della coltura

L'impianto sito a Porto Torres (vedi Foto 1) si presentava in buono stato generale e con un grado di sviluppo non perfettamente omogeneo e con la presenza di alcune infestanti, sia mono che dicotiledoni.

La superficie raccolta, di forma trapezoidale e giacitura quasi pianeggiante, si estendeva su una superficie netta di 17.060 m², con un investimento iniziale di 40 piante m⁻². I rilievi in campo hanno evidenziato una distanza media tra le file di 0,45 m, una densità effettiva di 42 piante m⁻², nessuna pianta allettata (Tabella 2). Le piante si presentavano con diametro ed altezza medi pari rispettivamente a 8,9 mm e 1,31 m. Su ciascuna pianta sono stati contati

mediamente 8,4 capolini con un diametro medio di 23,4 mm corrispondenti ad un totale di 3.540.000 capolini ha⁻¹.

Tempi di lavoro

Nella Tabella 3 sono evidenziati i tempi rilevati nel corso dei diversi cantieri di raccolta. Poiché le prove erano miranti a valutare le prestazioni del solo cantiere di raccolta, sono stati rilevati solamente i tempi standard.

I tempi accessori sono risultati costituiti da tempi per voltate in capezzagna, nella misura del 20,54%, e tempi per lo scarico del seme raccolto, nella misura del 2,15%. Non sono stati registrati ingolfamenti di nessun genere o tempi di riposo, mentre ci sono stati tempi morti evitabili pari a 3,73%. Il rendimento operativo è risultato pari al 77,31% del tempo operativo. La macchina ha raggiunto capacità di lavoro operative dell'ordine di 1,32 ha h⁻¹.

Per quanto concerne la fase di imballatura, i tempi accessori sono risultati costituiti da tempi per voltate in capezzagna (9,68%) e tempi per lo scarico (6,52%).

Il rendimento operativo è risultato pari al 83,80% del tempo operativo e la macchina ha raggiunto capacità di lavoro operative dell'ordine di 1,09 ha h⁻¹.

Perdite di prodotto

Le perdite di prodotto sono state valutate sia relativamente alla granella che alla paglia. Le perdite di granella sono risultate essere nell'ordine del 3,2 % del prodotto raccolto. Le perdite di biomassa sono risultate pari al 22,4% (Tabella 4). Le perdite di semi sono probabilmente imputabili

Giacitura		Pianeggiante
Superficie	ha	1,71
Distanza tra le file	m	0,45
Densità effettiva	Piante m ⁻²	42
Altezza	cm	131,1±11,80
Diametro a 10 cm	mm	8,9± 2,3
Piante allettate	%	0
Capolini per pianta	n.	8,4± 4,4
Capolini per m ²	n.	354
Diametro dei capolini	mm	23,4±4,6

Tabella 2 - Caratteristiche morfologiche medie della coltura del Cartamo.

Macchina operatrice		Mietitrebbia Laverda 524	Imballatrice Feraboli FF50
Tempo standard TS			
Tempo effettivo TE	%	77,31	83,80
Tempo accessorio TA	%	22,69	16,20
- Tempo per voltate TAV	%	20,54	9,68
- Tempo per rifornim. o scarichi TAS	%	2,15	6,52
- Tempo per manutenzione TAC	%	0,00	0,00
Tempo di riposo TR	%	0,00	0,00
Tempo morto inevitabile TMI	%	3,73	0,00
Tempo standard	%	100	100
Operatività della macchina			
Rendimento operativo Ro	%	77,31	83,80
Velocità effettiva ve	m s ⁻¹	1,34	0,82
Velocità operativa vo	m s ⁻¹	1,04	0,69
Capacità di lavoro effettiva	ha h ⁻¹	1,71	1,30
Capacità di lavoro operativa	ha h ⁻¹	1,32	1,09

Tabella 3 - Tempi standard e operatività delle macchine coinvolte nei cantieri di raccolta.

Perdite	%
Granella non raccolta	3,2
Paglia non raccolta	22,4

Tabella 4 - Ripartizione delle perdite di prodotto durante la fase di raccolta.



Foto 4 - Separazione dei semi raccolti dalle impurità e dai semi vuoti o danneggiati.

al basso peso specifico degli stessi. Sarebbe opportuno ridurre ulteriormente la portata della corrente d'aria generata dalla ventola assiale per la separazione delle diverse frazioni durante la trebbiatura. Le perdite di paglia sono relative alla scelta di non ranghinare prima della imballatura del prodotto e sono concentrate fuori dall'andana prodotta dalla mietitrebbia. Un'eventuale ranghinatura avrebbe consentito di recuperare un ulteriore 20% circa di residui di trebbiatura.

Qualità del lavoro svolto

Le impurità presenti nel seme sono state valutate pari al 22,8%, mentre, i semi danneggiati e/o vuoti sono stati il 1,66% del totale raccolto (Foto 4). La massa volumica apparente del seme è risultata pari a $617,33 \text{ kg m}^{-3}$ con una umidità del 9,1%. Il peso delle balle ($2,26 \text{ m}^3$) è risultato in media di 230 kg, con una massa volumica apparente pari a circa 100 kg m^{-3} e un contenuto di umidità del 8,02% (Foto 5). Il taglio dei fusti è avvenuto in maniera netta e ad una altezza media di 260 mm.

CONCLUSIONI

La raccolta del cartamo non presenta particolari problematiche, potendo utilizzare le comuni mietitrebbie allestite per la raccolta del grano.

Queste prime esperienze, mirate alla messa a punto della mietitrebbia in lavoro su cartamo potranno dare indicazioni agli agricoltori su come regolare gli apparati di trebbiatura. Particolare attenzione dovrà essere posta tuttavia alla regolazione del flusso d'aria generato dalla ventola assiale per la separazione delle diverse frazioni durante la trebbiatura.

Difatti il seme di cartamo presenta dimensioni simili a quelle del grano ma ha un peso specifico inferiore; ne deriva che una errata regolazione può comportare una perdita eccessiva di prodotto o una raccolta eccessiva di impurità. Anche la paglia risulta essere più leggera rispetto a



Foto 5 - Balle ottenute dai residui di trebbiatura del cartamo.

quella del grano, le rotoballe hanno una massa volumica inferiore rispetto a quelle prodotte con paglia di grano. Si dovrà aumentare al massimo quindi la pressione della camera di imballatura.

Nelle prove effettuate, non avendo effettuata la ranghinatura ed avendo raccolto la sola paglia posta in andana dalla mietitrebbia, si sono rilevate perdite eccessive.

Bibliografia

BOLLI P., SCOTTON M., 1987 - **Lineamenti di tecnica della meccanizzazione agricola**. Edagricole.

EN 14774-1:2009 - **Solid biofuels Determination of moisture content - Oven dry method**.

EN 15103:2010 - **Solid biofuels**. Determination of bulk density.

MARRAS G.F., ATTENÈ G., 1984 - **Aspetti di tecnica colturale del cartamo (*Carthamus Tinctorius* L.)**. Annali della Facoltà di Agraria dell'Università di Sassari. Sezione III, Volume XXXI:129-143.

PRIMI R., DANIELI P. P., RONCHI B., RUGGERI R., ROSSINI F., DEL PUGLIA S., CERETI C. F., 2010 - **Potenzialità foraggera di una selezione di *Carthamus Tinctorius* L. var. inermis sottoposta a diversi livelli di concimazione azotata in copertura**. Atti del XXXIX Convegno nazionale della Società Italiana di Agronomia.

KEYWORDS: safflower, harvesting, mechanization, biomass, green chemistry.

Abstract: Mechanical harvesting of safflower: first trials. Safflower is an interesting crop for bioenergy and green chemistry. It gives both oil from seeds, the main product, and biomass from crop residues. Farmers need information about the regulations of the machineries locally available. An harvesting yard for safflower seeds and biomass production has been evaluated. The combine has been set in order to reduce the seeds losses and the impurities in the collected product. The performances of the combine and the baler and quality of work have been assessed.

BIT3G Logistic

Un software per ottimizzare la logistica di approvvigionamento di una bioraffineria

di LUIGI PARI, VINCENZO ALFANO, ANTONIO SCARFONE, LUCA ARDITO, MASSIMO PEPE

Partendo dall'architettura del software SW_SUSCACE_01, implementato dal CREA-ING nell'ambito dell'omonimo Progetto, è stato sviluppato un nuovo strumento informatico a supporto della gestione della logistica di approvvigionamento di una bioraffineria. Tra gli elementi innovativi, un indice di priorità aziendale, per intervenire sulla programmazione della sequenza degli impianti da raccogliere, basata principalmente sulla minimizzazione delle distanze e dei relativi costi.

PAROLE CHIAVE: logistica, GIS, approvvigionamento, biomassa

Un'ottimale gestione della logistica di approvvigionamento della biomassa verso gli impianti di trasformazione è fondamentale per contenere i costi legati al trasporto, sia in termini economici sia ambientali, garantire l'approvvigionamento costante degli impianti nel tempo e, contemporaneamente, per soddisfare i requisiti di qualità richiesti alla biomassa dai processi di trasformazione (PARI *et al.* 2007, 2012). Tali necessità sono tanto più evidenti quanto più i processi di conversione sono complessi (raffinati) e si basano sull'utilizzo di un insieme variegato di risorse, sia residuali che da colture dedicate, provenienti da un ampio bacino di approvvigionamento. È il caso della bioraffineria di nuova concezione che si alimenta con risorse di scarso valore che derivano da colture prodotte con bassi input su aree marginali o non più produttive per realizzare prodotti di nicchia ad alto valore aggiunto.

La bioeconomia che promuove l'utilizzo in cascata della biomassa, nel rispetto della sua piramide del valore, preferendo tra gli utilizzi alternativi quelli finalizzati alla produzione di beni a più alto valore (Pharmaceutical and fine chemicals, food and feed, chemicals and materials, transportation fuels, power and heat) (BUNDSCHUH e CHEN 2014), richiede un'attenta pianificazione nella gestione delle diverse frazioni valorizzabili, al fine di ottimizzare l'economicità complessiva della filiera.

Il Progetto BIT3G (www.novamont.com/BIT3G), che risponde a tale visione rinnovata dello sfruttamento della biomassa, intesa come risorsa rinnovabile ma non inesauribile, assegna un ruolo chiave alla gestione della lo-

gistica di approvvigionamento inserendola tra gli obiettivi realizzativi specifici di progetto. Il Progetto, coordinato da Novamont, ha come obiettivo la realizzazione di una



Foto 1 - Carrelli per il trasporto dei semi e delle rotoballe di biomassa residuale.

LUIGI PARI, CREA ING luigi.pari@crea.gov.it - VINCENZO ALFANO, CREA ING vincenzo.alfano@crea.gov.it
ANTONIO SCARFONE, CREA ING antonio.scarfone@crea.gov.it - LUCA ARDITO, borsista NOVAMONT S.p.a. - MASSIMO PEPE, consulente esterno

bioraffineria di terza generazione integrata nel territorio a partire dalla coltivazione in aridocoltura su terreni marginali di specie come cardo e cartamo, restituendo al territorio benefici in termini di presidio e ripristino di aree abbandonate e rilancio dell'agricoltura locale.

Il progetto, basandosi sul principio dell'economia circolare, ha come obiettivo l'utilizzo integrale delle diverse frazioni della biomassa che si rendono disponibili, e tra queste, oltre al prodotto principale costituito dal seme, anche la biomassa residuale che, avendo un basso contenuto energetico, richiede la movimentazione di importanti volumi e necessita di accurate valutazioni e scelte logistiche. In particolare, la bioraffineria costruita a Porto Torres in Sardegna per la produzione di formulati chimici a partire da risorse naturali, richiede un elevato livello qualitativo della biomassa in ingresso, nel rispetto di un preciso calendario di approvvigionamento, conseguibili attraverso una attenta programmazione della logistica in tutte le sue fasi (raccolta, compattazione, trasporto, stoccaggio intermedio, pretrattamento, conferimento all'impianto). La gestione di tali fasi, in ordine e numero variabile in funzione del cantiere di raccolta adottato e della frazione della biomassa di interesse, richiede una visione d'insieme che diventa sempre più complessa all'aumentare del bacino di approvvigionamento (entro il raggio della filiera corta), delle aziende coinvolte, dei contoterzisti, nonché della differenti condizioni locali (caratteristiche pedologiche e climatiche *in primis*) che possono richiedere per esempio una diversa tempestività nella raccolta (da effettuarsi come *optimum* nella fase di piena maturazione).

Come strumento di supporto è stato progettato e sviluppato uno strumento informatico, il software BIT3GLogistic, realizzato in ambiente GIS, attraverso la programmazione informatica, in Visual BASIC for Application, di specifiche funzionalità e della relativa interfaccia grafica. Il software si basa sull'architettura implementata nel software SW_SUSCACE_01 precedentemente sviluppato dal CREA-ING nell'ambito del progetto di ricerca SUSCACE e finalizzato alla pianificazione delle attività di raccolta ed approvvigionamento di una centrale elettrica con biomassa da impianti dedicati di *short rotation forestry*, SRF (PARI *et al.* 2010).

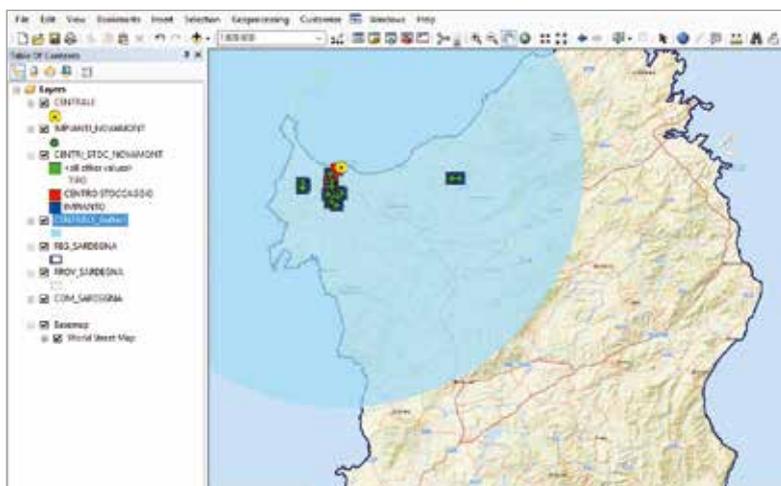


Figura 1 - Bacino di approvvigionamento preso in considerazione.

In particolare, è stato sviluppato il flusso logico progettato per la programmazione degli impianti da raccogliere, introducendo elementi innovativi per tenere conto della specifica realtà. Tra questi vi è l'introduzione di un indice di priorità aziendale, basato su un'analisi di tipo multicriteri per l'assegnazione dei pesi ai diversi aspetti che concorrono alla sua definizione, per intervenire sulla sequenza degli impianti da raccogliere, basata principalmente sul calcolo delle distanze minime.

Gli aspetti che, con diverso peso, agendo singolarmente o attraverso la loro combinazione, possono modificare la priorità nella raccolta, sono stati considerati, sono: il livello di maturazione della coltura, la presenza di parassiti, la presenza di infestanti, la frammentazione aziendale, l'estensione superficiale, la produzione attesa, l'accessibilità e la praticabilità del campo.

Esistono diversi metodi per l'analisi multicriteri a supporto del processo decisionale (*Multi Criteria Decision Analysis*, MCDA) (FIGUEIRA *et al.* 2005). Quello utilizzato per lo sviluppo del software BIT3GLogistic è l'Analytic Hierarchy Process (AHP) che consente di confrontare aspetti caratterizzati da valutazioni qualitative e quantitative e quindi non direttamente confrontabili, adottando una singola scala di priorità (SAATY 1980). Il metodo si basa su una serie di confronti a coppie di ogni aspetto con tutti gli altri, assegnando un punteggio di importanza relativa, generando una matrice dei confronti simmetrica, la cui risoluzione consente di ottenere il peso percentuale di ogni aspetto. Proseguendo l'attività pregressa del CREA-ING nella costruzione e gestione di strumenti di supporto alle decisioni (*Decision Support System*, DSS) per la gestione di biomasse residue dal settore agricolo (BRAMBILLA *et al.* 2013), il software BIT3GLogistic ha l'ambiziosa aspettativa di contribuire alla gestione complessiva delle diverse problematiche in gioco, estremamente complesse per la loro natura e per le interazioni che le legano, nella ottimale gestione della logistica di approvvigionamento, attraverso un processo di interazione continuo con la parte aziendale e di verifica delle risposte dal campo.

AREA DI PROGETTO

Le attività ricadono nel settore nord occidentale della Regione Sardegna, in particolare nel bacino di approvvigionamento della bioraffineria di Porto Torres (Figura 1).

I primi tests del software sono stati realizzati considerando solo 20 aziende localizzate nell'immediato intorno della centrale, la cui gestione viene assolta da un unico tecnico di campo che riesce ad avere il polso completo della situazione. Si provvederà successivamente ad inserire tutte le aziende coinvolte nel bacino di approvvigionamento di raggio di 70 km, distanza che identifica la filiera corta per gli impianti a biomasse, gradualmente, aumentando la complessità del sistema. A pieno regime il software sarà un indispensabile supporto decisionale, fornendo una visione completa a chi dovrà coordinare le attività di più tecnici di campo, contoterzisti e un numero crescente di aziende in aree con caratteristiche pedologiche e climatiche anche molto differenti tra di loro.

GEO-DATABASE

Alla base dell'intera architettura del sistema vi è un Geo-Database di supporto alle funzionalità implementate. Il Geo-Database è stato progettato allo scopo di gestire sia il dato alfanumerico sia il dato cartografico ed è strutturato in distinti "Feature Dataset" ognuno contenitore di dati spaziali omologhi. Le informazioni di interesse applicativo in esso contenute riguardano le seguenti macro aree:

- aziende;
- contoterzisti;
- macchine;
- centri di stoccaggio.

Nel dettaglio:

- Il Feature Dataset "Aziende" contiene informazioni relative ad ogni azienda coinvolta nel progetto e, in modo particolare: l'anagrafica aziendale con i contatti, il numero di appezzamenti coltivati e il tipo di coltura, la relativa superficie e localizzazione, l'anno di impianto, la produzione attesa, la distanza media dalla viabilità principale.
- Il Feature Dataset "Centri di stoccaggio" archivia le aziende che dispongono di idonee superfici e piazzali per lo stoccaggio intermedio della biomassa. Anche in questo caso uno degli elementi di maggior importanza ai fini dell'ottimizzazione degli spostamenti è rappresentato dalla indicazione della localizzazione geografica.
- Il Feature Dataset "Contoterzisti" archivia le informazioni fondamentali relative ai diversi contoterzisti coinvolti e, in particolare, l'anagrafica, i contatti, la localizzazione e il parco macchine in dotazione.
- Il Feature Dataset "Macchine" archivia le principali caratteristiche di ogni singola macchina (trattori, mietitrebbie, testate, imballatrici, mezzi di trasporto, ecc.), quali peso, potenza, capacità operativa, capacità di carico, ecc.

Mediante attribuzione di codici identificativi ai diversi elementi si è stabilita la loro corrispondenza (ad esempio: azienda, contoterzista, macchina) e contemporaneamente è stata ottenuta la riservatezza e l'anonimato sulle informazioni sensibili delle aziende agricole interessate.

A supporto delle attività è stata utilizzata la cartografia ufficiale della Regione Sardegna necessaria:

- Limiti amministrativi (regione, provincia e comuni);
- Reticolo stradale;
- Reticolo Ferrovie;

Il Geo-Database deriva da un lavoro preliminare suddiviso nelle seguenti fasi lavorative:

- analisi dei requisiti;
- recupero dei dati di supporto;
- analisi dei dati;
- processamento del dato;
- realizzazione prototipo Base Dati.

Tutte le informazioni collezionate sono confluite in un unico contenitore che consente di memorizzare e gestire sia dati alfanumerici che cartografici (vettoriali: punti, linee, poligo-

ni; Raster: immagini satellitari, ortofoto). Come sistema di riferimento spaziale è stato adottato il WGS84/UTM32.

INTERFACCIA

Il software si presenta come una tradizionale applicazione GIS, con l'area delle mappe sulla destra e la tabella dei contenuti sulla sinistra con i diversi strati informativi (centrale, impianti, centri di stoccaggio, limiti amministrativi, ecc) (Figura 2). Gli strumenti di navigazione permettono le classiche azioni di: Spostamento/trascinamento mappa; Zoom in; Zoom out; Interrogazione; Selezione e deselezione Feature, ecc. Il menù strumenti permette di gestire tutte le funzionalità implementate nel sistema e descritte nel paragrafo successivo (Modulo di Ottimizzazione; Modulo di Pianificazione; Modulo di settaggio parametri)

FUNZIONALITÀ

Nella versione 1.0 del software BIT3GLogistic sono state implementate, con un diverso grado di sviluppo, due funzionalità principali:

- Funzionalità di Pianificazione;
- Funzionalità di Ottimizzazione

La funzionalità di **Pianificazione**, consente di programmare la sequenza degli impianti da raccogliere, identificando il percorso minimo, ovvero il percorso che rende minimi i tragitti tra le aziende. Come dati di input vanno inseriti: l'impianto di partenza, il turno di lavoro (ore/giorno), l'arco temporale entro cui si desidera effettuare la pianificazione (giorni), la macchina operatrice impiegata e la relativa capacità operativa (ettari/ora), la velocità di spostamento su strada del cantiere di raccolta e, infine, se si tratta di una nuova pianificazione o la prosecuzione di una precedente (Figura 3). Nel caso di cantiere che utilizza la testata BIT3G, che opera la raccolta del seme oltre allo sfalcio della biomassa in un unico passaggio, si attivano anche i campi relativi allo scarico del seme in centrale, ovvero, il tempo per l'operazione di scarico in centrale e la capacità di carico dei mezzi per il trasporto utilizzati. Il software genera una risposta sia visiva, tracciando sul monitor il percorso del cantiere lungo il suo spostamento (Figura 4),

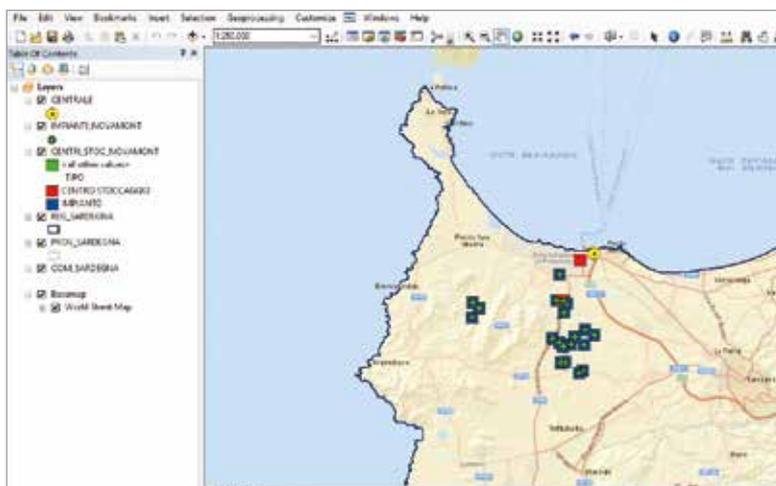


Figura 2 - Interfaccia grafica del software BIT3GLogistic.

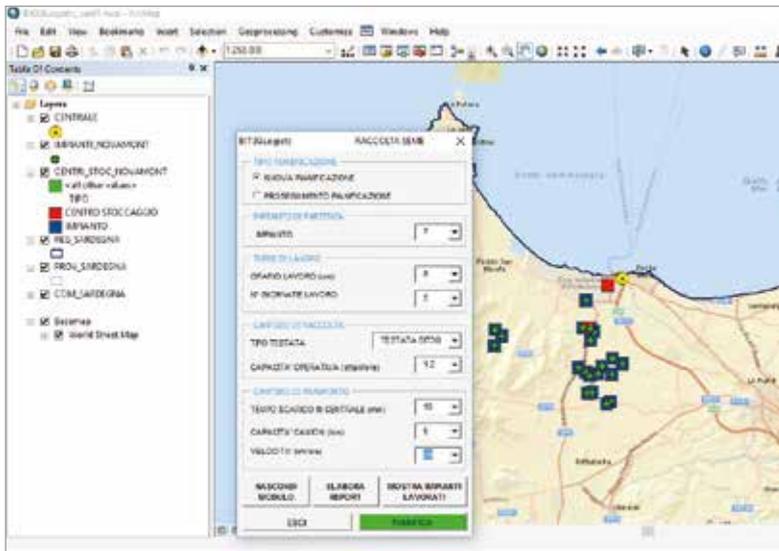


Figura 3 - Modulo Pianificazione. Un esempio di nuova pianificazione.

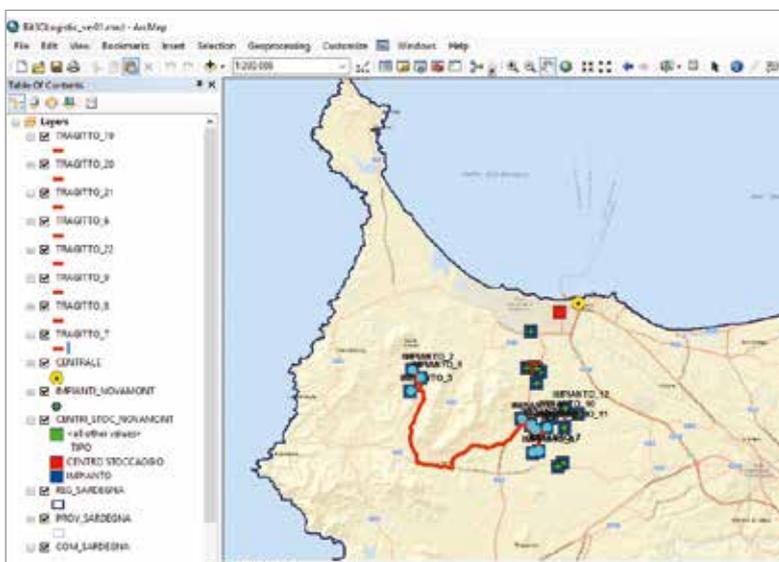


Figura 4 - Modulo Pianificazione: rappresentazione visiva della sequenza degli impianti da raccogliere.

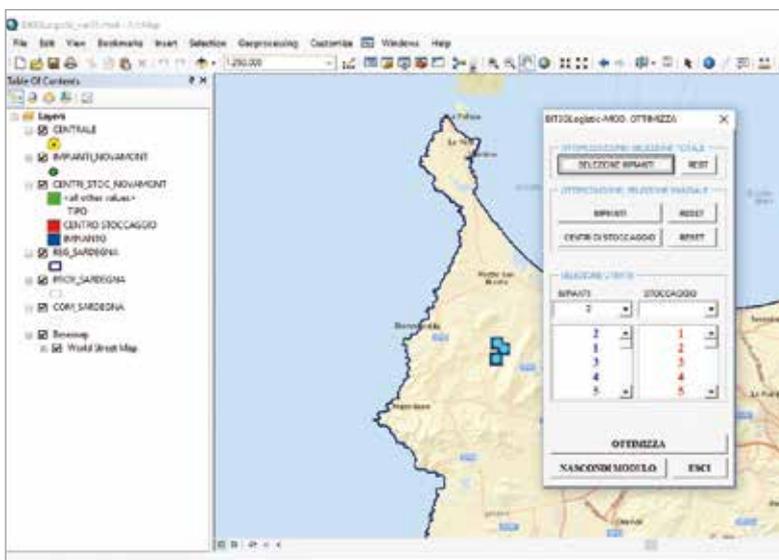


Figura 5 - Modulo ottimizzazione.

sia un report descrittivo e dettagliato della pianificazione. Il report si compone di tre sezioni: nella prima viene riportato un riepilogo dei dati di input, nella seconda la sequenza degli impianti da raccogliere con i relativi tempi di raccolta, superfici e produzioni attese, nella terza infine gli elementi relativi a conferimento dei semi alla centrale, con indicazione azienda per azienda dei quantitativi raccogliibili e il numero di trasporti necessari ad esse associati.

La funzionalità di **Ottimizzazione** consente, invece, l'individuazione dei centri di stoccaggio ottimali, ovvero quelli che minimizzano le distanze e, quindi, i costi di trasporto per il conferimento allo stoccaggio della biomassa. La scelta viene elaborata dal software sulle base delle indicazioni fornite dall'operatore (*logistic manager*), che consistono fondamentalmente nella selezione, da un lato delle aziende conferitrici della biomassa e, dall'altro, dei potenziali centri di stoccaggio intermedio, identificati tra le stesse aziende agricole aventi le caratteristiche idonee. La selezione delle aziende e dei potenziali centri di stoccaggio può essere realizzata attraverso menù a tendina o direttamente a schermo sfruttando le potenzialità dell'interfaccia grafica fornita dalla piattaforma ArcGIS (Figura 5). Quest'ultima opzione risulterà particolarmente utile, quando, al crescere del bacino di approvvigionamento e delle aziende coinvolte, sarà indispensabile ragionare per aree omogenee, raggruppando le aziende per i relativi elementi di competenza (tecnico di campo, contoterzista, siti di stoccaggio, ecc.). In funzione di tali selezioni il software elabora una classifica dei migliori centri di stoccaggio. La classifica si basa su un costo chilometrico medio che tiene conto dei trasporti complessivi di andata e ritorno dall'azienda conferitrice verso ogni potenziale centro di stoccaggio.

ASPETTI DI PRIORITÀ

Entrambe le funzionalità, si basano sulla minimizzazione dei costi legati al trasporto, attraverso il calcolo dei percorsi minimi. Questo approccio è sicuramente valido, essendo la distanza l'elemento prioritario di cui tener conto, ma non l'unico, se si guarda alla economicità complessiva della raccolta, concentrazione e trasporto della biomassa. Un esame approfondito ha, infatti, portato all'individuazione di altri aspetti che in qualche modo possono influenzare la scelta nella programmazione e modificare la sequenza degli impianti da raccogliere, indirizzando il cantiere prioritariamente verso aziende poste anche a maggior distanza, in presenza di determinate condizioni quali per esempio il livello di maturazione della coltura, la presenza di parassiti, la presenza di infestanti, la frammentazione aziendale, l'estensione superficiale, la produzione attesa, l'accessibilità e la praticabilità del campo.

A questi aspetti, poi, si è deciso di aggiungere un generico aspetto di precedenza, per tener conto di eventuali esigenze dettate da fattori non misurabili, indipendenti dallo stato della coltura, per cui si potrebbe avere la necessità di una raccolta anticipata o ritardata. Gli aspetti su menzionati, attraverso la loro valutazione e opportuna quantificazione, relativamente alle aziende prese in esame, concorrono alla definizione di un indice sintetico di priorità aziendale,

attraverso una relazione, presentata nel seguito, che tiene conto del peso relativo di ciascuno di essi. Non avendo tutti la stessa importanza, infatti, è stato ritenuto fondamentale assegnare un peso relativo, adottando un approccio sistematico per poterlo fare in maniera rigorosa ed oggettiva. Tale approccio rientra nella disciplina dell'analisi multicriteri di supporto al processo decisionale, la cui risoluzione avviene con diverse tecniche e, tra queste si è adottato il metodo AHP-Analytic Hierarchy Process (SAATY 1977).

Secondo tale metodo gli aspetti sono confrontati a coppie e per ognuno è espressa l'importanza relativa rispetto all'altro secondo una scala di valori (da 1-uguale importanza- a 9-importanza estrema-) (Tabella 1). Il confronto tra i criteri è realizzato con una matrice simmetrica (matrice dei confronti) di dimensione mxm con m il numero di criteri, i pesi relativi ad ogni criterio sono ricavati tramite una procedura basata sul calcolo degli autovalori ed autovettori della matrice (il totale dei pesi è 1). La robustezza del metodo AHP è verificata dall'indice CI (Consistency Index) che assicura la consistenza della matrice dei confronti, verificando che i valori associati ad ogni criterio non corrispondano ad un'associazione casuale. La consistenza è generalmente assicurata se CI è inferiore a 0.1, in caso contrario occorre ridefinire i valori attribuiti ai vari criteri. Nell'esempio che segue viene proposta una ipotesi di confronti e la relativa attribuzione dei pesi (Tabella 2).

INDICE DI PRIORITÀ AZIENDALE

Un indice sintetico, che tiene conto contemporaneamente di tutti gli aspetti di priorità descritti in precedenza, è stato implementato per poter intervenire sulla funzione di calcolo che individua la sequenza delle aziende da raccogliere, modificandone la priorità.

L'indice è dato dalla somma lineare ponderata del valore assegnato ad ogni aspetto per il relativo peso.

$$I_{\text{priorità}} = \sum \text{Peso}_i \times \text{Aspetto}_i$$

dove

$$\sum \text{Peso}_i = 1$$

$$0 \leq \text{Aspetto}_i \leq 2$$

Nella versione 1.0 del software l'indice di priorità interviene

a modificare il "costo tratta" in maniera direttamente proporzionale al suo valore, attraverso la relazione:

$$\text{Costo tratta ricalcolato} = \text{Costo tratta} / I_{\text{priorità}}$$

Sono in corso di analisi relazioni più complesse con l'obiettivo di introdurre coefficienti per quantificare la disponibilità a modificare il tragitto entro determinate soglie di convenienza.

Per poter quantificare i diversi aspetti di priorità, di diversa natura o caratterizzati da valutazioni qualitative e quindi non direttamente confrontabili, si è adottata una scala di valutazione, con valori da zero a due, per esprimere una giudizio da molto negativo a estremamente positivo, passando per valori intermedi.

Per esempio, ad un'azienda che ha raggiunto la maturazione ottimale verrà assegnato il valore 2 relativamente a quest'aspetto. Il valore di default per tutti gli aspetti è 1.

Per rendere la valutazione il più oggettiva possibile, soprattutto quando essa sarà operata da diversi tecnici di campo per le relative aziende di competenza, si prevede il ricorso a criteri di valutazione comuni.

Per il livello di maturazione del seme, per esempio, il criterio di valutazione, basato sulla misura dell'umidità del seme, è il seguente:

La sezione del software BIT3GLogistic dedicata all'introduzione degli indici di priorità è contenuta nel "Settaggio parametri" del menù "Strumenti di pianificazione" (Figura 6). In particolare, nella sezione indicata come "Step 1", avviene l'assegnazione dei pesi per ogni aspetto, attraverso la compilazione della matrice dei confronti a coppie.

Completata questa fase, che in realtà viene fatta una sola

Valore	Giudizio
1	i e j sono equamente importanti
3	i è poco più importante di j
5	i è abbastanza più importante di j
7	i è decisamente più importante di j
9	i è assolutamente più importante di j
1/3	i è poco meno importante di j
1/5	i è abbastanza meno importante di j
1/7	i è decisamente meno importante di j
1/9	i è assolutamente meno importante di j
2,4,6,8	valori intermedi

Tabella 1 - Scala di Saaty.

	Livello di maturazione della coltura	Presenza di infestanti	Presenza di parassiti	Estensione superficie	Produzione attesa	Frammentazione aziendale	Accessibilità / praticabilità	Precedenza	PESI
Livello di maturazione della coltura	1	7	1/3	5	5	3	3	1/9	12,6%
Presenza di infestanti	1/7	1	1/7	1/5	1/5	1/3	1	1/9	2,2%
Presenza di parassiti	3	7	1	5	7	3	3	1/9	16,1%
Estensione superficie	1/5	5	1/5	1	1	5	5	1/9	8,4%
Produzione attesa	1/5	5	1/7	1	1	5	5	1/9	8,4%
Frammentazione aziendale	1/3	3	1/3	1/5	1/5	1	1	1/9	3,5%
Accessibilità / praticabilità	1/3	1	1/3	1/5	1/5	1	1	1/9	2,9%
Precedenza	9	9	9	9	9	9	9	1	45,8%

Tabella 2 - Matrice dei confronti a coppie (Metodo AHP - Analytic Hierarchy Process).

volta dal decisore, il passaggio successivo (Step 2) consiste nella valutazione puntuale delle aziende, prese singolarmente o in gruppi (Step 3), in relazione ai diversi aspetti. Attraverso menù a tendina o direttamente a video è possibile selezionare anche gruppi di più aziende, nel caso si voglia assegnare una stessa valutazione agli aspetti più strettamente legati ad un determinato contesto territoriale. La modifica dei parametri, pari di default ad 1, si conclude con il comando di aggiornamento.

Valore	Giudizio
2	Estremamente positivo
1.5	Positivo
1	Indifferente
0.5	Negativo
0	Estremamente negativo

Tabella 3 - Scala di valutazione degli aspetti di priorità.



Foto 2 - Stoccaggio rotoballe dei residui colturali.

Giudizio	Estremamente positivo	Positivo	Indifferente	Negativo	Estremamente negativo
Valore	0	0.5	1	1.5	2
Umidità del seme(%)	U<8%	8%<U<12%	12%<U<20%	20%<U<30%	U>30%

Tabella 4 - Criterio di valutazione del "Livello di maturazione.

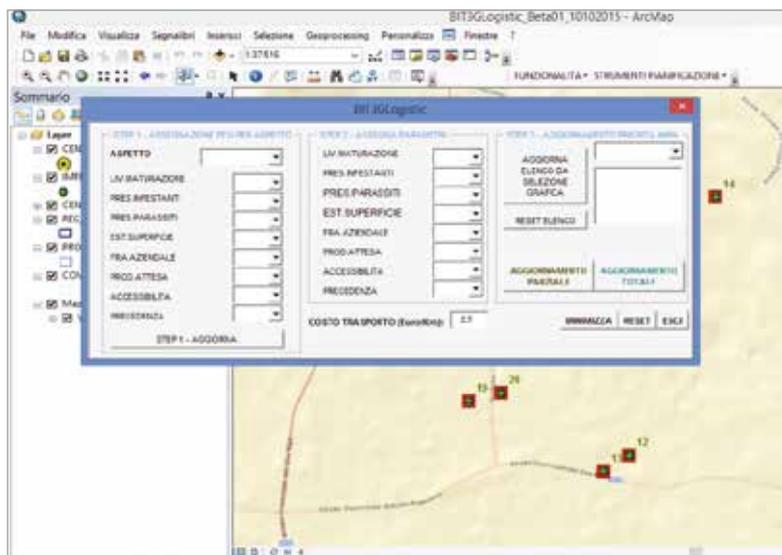


Figura 6 - Maschera di settaggio parametri per l'attribuzione degli indici di priorità.

CONCLUSIONI

Le potenzialità evidenziate nella fase di test del software BIT3GLogistic sono molto promettenti, soprattutto in vista dell'allargamento del bacino di approvvigionamento e del numero di aziende coinvolte. All'aumentare della complessità del sistema, aumenterà infatti la difficoltà nella gestione della logistica in tutte le sue fasi. Difatti lo strumento messo a punto può permettere al *logistic manager* di gestire un numero elevato di variabili, complesse per loro natura e per le loro interazioni. Il software nasce per rispondere alle esigenze di una specifica realtà, ma ripercorrendo l'approccio utilizzato nella sua costruzione, può essere trasferito per un utilizzo al servizio di realtà diverse, in cui la fase logistica rappresenta un elemento chiave della filiera produttiva.

Bibliografia

BRAMBILLA M., BISAGLIA C., PARI L., 2013 - **Residual Biomass Harvesting, Conditioning and Transport Operations: preliminary evaluation of a System Dynamic Model For Costs Estimation and Optimization.** EFITA-WCCA-CIGR Conference "Sustainable Agriculture through ICT Innovation", Turin, Italy, 24-27 June 2013.

FIGUEIRA, J., GRECO, S., EHRGOTT, M., Eds. 2005 - **Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys.** International Series in Operations Research and Management Science, vol. 78, Springer-Verlag, Boston, MA

BUNDSCHUH J., CHEN G., 2014 - **Sustainable Energy Solutions in Agriculture.** CRC Press.

PARI L., ASSIRELLI A., CROCE S., 2012 - **Come ottimizzare la logistica delle biomasse da energia.** L'Informatore Agrario n. 8; pp.: 57-60.

PARI L., PEPE M., CIVITARESE V., 2010 - **Un GIS per le biomasse. Applicazioni per la gestione delle centrali termoelettriche.** In: Innovazioni tecnologiche per le agroenergie. Sinergie tra ricerca e impresa. Sherwood 168, suppl. 2: 31-34.

PARI L., FEDRIZZI M., 2007 - **Una logistica adeguata riduce il costo della biomassa. Inserto Legno - Energia.** L'Informatore Agrario n. 05, pag. 46-48 del 02/02/2007.

SAATY T.L., 1980 - **The Analytic Hierarchy Process.** New York, McGraw-Hill.

KEYWORDS: logistics, GIS, supply chain, biomass.

Abstract: BIT3GLOGISTIC. A software for the improvement of a biorefinery supply chain. The optimal management of the supply chain logistics of biomass from the field to the processing plants is crucial in order to achieve the reduction of transport cost, to ensure the steady supply and to meet the quality required by the conversion processes particularly in a biorefinery. In the frame of the BIT3G Project, aimed at developing a third generation biorefinery integrated in the territory, a software, named Bit3GLogistic, has been developed as support tool for the logistic manager. The biorefinery, located in Porto Torres (Italy, Sardinia Region), is supplied from biomass coming from crops, such as cardoon or safflower, growing nearby the plant on marginal or abandoned lands. The Bit3GLogistic software, working on a GIS platform, supports the management of both the main agricultural products (seeds) and the residual biomass (baled straw) in order to minimize the transport costs, with two functions: the optimization and the planning. The first function allows to find the best sites for the storage facilities. The second one allows to plan the best route that the harvesting machineries have to follow minimizing the distances. In addition to the distance the Bit3GLogistic software takes into account some other aspects that, with different weight, can have an influence on the choice of the farms to harvest earlier. Therefore, a priority index has been built as weighted sum of some aspects, agreed with the logistic manager, such as the crops ripening, the presence of weeds, the farmland fragmentation, the accessibility, etc. The attribution of the weights is performed with a multicriteria analysis with a pairwise comparison.

Raccolta delle colture da fibra

La meccanizzazione nell'ottica delle esigenze del mercato

di LUIGI PARI, ANTONIO SCARFONE, ALESSANDRO SUARDI, ANGELO DEL GIUDICE

Le fibre naturali di colture come lino e canapa hanno recentemente acquisito un maggiore interesse di mercato anche grazie alle moderne tecnologie di lavorazione che permettono la creazione di materiali con molteplici utilizzi. Si sono sviluppati in Europa diversi sistemi di meccanizzazione per la raccolta differenziata delle diverse frazioni ottenibili; risulta quindi fondamentale informare gli agricoltori sui sistemi di raccolta disponibili per la produzione sia di fibra che di seme per queste due specie.

PAROLE CHIAVE: fibra, meccanizzazione, raccolta, innovazione

Dopo un periodo di contrazione nell'utilizzo dovuto alla sostituzione delle fibre naturali con fibre sintetiche, i prodotti derivanti dalle colture da fibra come canapa, lino, kenaf, ramie hanno riacquisito interesse sul mercato. Infatti, il loro utilizzo, oltre a rappresentare una via sostenibile e alternativa ai polimeri di origine fossile, si sta allargando dal settore tessile ad altri settori come la bio-edilizia, la produzione automobilistica e quella dei bio-materiali ad alta resistenza in alternativa alla fibra di vetro e di carbonio (ERWIN e SEBAR 1996, LAWRENCE *et al.* 2001, DEYHOLOS e POTTER 2013).

La fibra è accumulata nella zona corticale del fusto e la sua estrazione avviene dopo che la pianta è stata tagliata ed ha subito un processo di macerazione a terra o in acqua chiamato "retting". Il retting è una fase fondamentale che segue il taglio e consiste nella macerazione per rompere i legami che legano insieme tiglio e kenapulo.

Dopo questo processo, le fibre si separeranno facilmente dal midollo centrale della pianta durante i processi di strigliatura (TANNER 1922).

La fase di raccolta delle colture da fibra rappresenta quindi un passaggio delicato, in cui sono richiesti degli accorgimenti agronomici e delle tecnologie di lavorazione adatte a garantire la qualità del prodotto finale.

In Europa la raccolta di queste colture è meccanizzata, Paesi Europei come la Francia, il Belgio e l'Olanda, hanno sviluppato tecnologie specialmente per il lino che hanno già raggiunto un buon livello di sviluppo. Per colture come la juta, il kenaf o il ramiè, le macchine per la raccolta invece non sono ancora commerciali ed esistono alcune espe-

rienze pionieristiche (KANIEWSKI 2010).

Questo lavoro vuole fornire una vista d'insieme delle tecnologie sviluppate per la raccolta delle principali colture da fibra di interesse Europeo come il lino e la canapa (Foto 1). Lo scopo del lavoro è di indirizzare gli agricoltori ver-



Foto 1 - Primo piano di pianta di canapa industriale pronta per la raccolta.

LUIGI PARI, CREA ING luigi.pari@crea.gov.it - ANTONIO SCARFONE, CREA ING antonio.scarfone@crea.gov.it
ALESSANDRO SUARDI, CREA ING alessandro.suardi@crea.gov.it - ANGELO DEL GIUDICE, CREA ING angelo.delgiudice@crea.gov.it

so le scelte più opportune in relazione alle caratteristiche italiane. Attenzione è stata rivolta anche ai sistemi innovativi per la raccolta combinata di più prodotti quali semi, fibra e foglie. Tali sistemi si inseriscono perfettamente nel concetto moderno di sostenibilità agricola, che mirano alla valorizzazione integrale della coltura, alla minimizzazione degli scarti e all'ottimizzazione dei profitti.

LINO

Il lino, *Linum usitatissimum* L., è una pianta erbacea annuale che raggiunge 1,2 m di altezza. La raccolta si esegue ad Agosto-Settembre, quando le piante raggiungono un ideale livello di maturazione delle fibre che si percepisce quando queste da verdi virano al giallo. Se il lino fosse raccolto precocemente, si andrebbe incontro a una produzione di fibre molto fine e fragili, mentre se fosse raccolto in ritardo (colorazione delle piante dal giallo al bruno), le fibre sarebbero più corte e di scarsa qualità (BRITAIN 1931).

Tecnologie di raccolta

La prima fase per la raccolta del lino è il così detto "pulling", ovvero le piante non vengono sfalciate ma vengono sradicate dal terreno per mezzo di macchinari specifici chiamati "puller", per aumentare il quantitativo di fibra raccolto. Queste macchine semoventi, oltre a rimuovere le piante dal terreno senza tagliarle, provvedono al loro allineamento parallelo in andana, anche al fine di favorire un maggior contatto con gli agenti atmosferici ed i microrganismi che permettono la macerazione dei fusti (Foto 2).

Al fine di favorire una macerazione uniforme su tutto il fusto, le piante dovranno essere rigirate dopo un certo periodo di tempo (in genere 7-15 giorni), esponendo al sole la parte vegetale che prima era a contatto col terreno. Questa tecnica denominata "turning" viene effettuata con macchine specializzate volta-andana, trainate o semoventi. In Foto 3 viene mostrato un volta-andana semovente sviluppato dalla ditta francese Dehondt in azione.

La fine della macerazione a terra viene stabilita in maniera empirica analizzando a mano la facilità di separazione

delle fibre e con un giudizio visivo sulla omogeneità del processo dell'intera massa. Il grado di macerazione può essere valutato meglio con la stigliatura di un campione di 15-20 Kg di paglia (BACCI *et al.* 2007). Al completamento della macerazione, le piante sono pronte per l'imballaggio. Il processo viene effettuato con imballatrici specifiche che permettono la creazione di una balla con fusti disposti in modo perpendicolare al suo interno; ciò agevola lo srotolamento automatizzato della stessa una volta raggiunto l'impianto di strigliatura.

Sistemi innovative per la raccolta combinata

Le macchine citate sono state progettate per la raccolta e la gestione dei soli fusti delle piante di lino, che hanno come unica finalità la produzione di fibra. Il lino però può essere coltivato anche come pianta a duplice attitudine, cioè sia per la produzione di semi che di fibra. I semi di lino, infatti, sono molto ricercati dall'industria alimentare per via delle loro eccellenti proprietà nutrizionali. A tale scopo sono state create delle macchine che permettono durante la fase del rivoltamento degli steli (turning) di raccogliere i semi contenuti ancora negli involucri delle infruttescenze. Queste macchine sviluppate dalla ditta belga UNION NV possono essere semoventi o trainate e sono denominate "turner-deseeder" o "volta-andana raccoglisemi" proprio perché rigirano la pianta ma allo stesso tempo rimuovono il seme che poi viene convogliato in una tramoggia e scaricato per mezzo di una doccia nel rimorchio.

CANAPA

La canapa, *Cannabis sativa* L., è una pianta erbacea annuale dal fusto eretto che può raggiungere i 4 metri in altezza. La coltivazione di canapa per la produzione di fibra viene fatta con una densità d'impianto di circa 150-200 piante m⁻² (JARANOWSKA 1966). La canapa coltivata per duplice attitudine viene raccolta a fine agosto-settembre, quando i semi hanno raggiunto il giusto grado di maturazione, mentre quella coltivata per soli scopi tessili è tradizionalmente raccolta quando le piante maschili hanno



Foto 2 - Puller semovente in fase di lavorazione. In basso a sinistra il particolare delle piante lasciate allineate in andane © Union.



Foto 3 - Macchina semovente "volta-andana" in azione © Dehondt.

raggiunto la piena fioritura, periodo che corrisponde al massimo momento di accumulo della fibra (AMADUCCI *et al.* 2008). In Europa e in USA, la resa media in fibra variano dalle 14 alle 23 t ha⁻¹, mentre le rese in seme variano in media dalle 0,5 alle 1,5 t ha⁻¹ (VOGLA *et al.* 2003, MOOLEKI 2006).

Tecnologie di raccolta

Per la raccolta dei fusti destinati alla produzione di fibra, le soluzioni meccaniche più diffuse sono date da trincia mais con sistema di taglio modificato ad una lama (sistema HempCut) o barre falcianti sovrapposte. Il primo sistema chiamato HempCut, sviluppato inizialmente da una compagnia tedesca e successivamente acquisito dalla ditta olandese Hempflax, consiste di una trincia mais Class Jaguar 850, abbinata ad una testata kemper 445 e ad un sistema di taglio adattato con un solo coltello.

Durante la fase di avanzamento della macchina le piante vengono falciate e convogliate longitudinalmente dalla testata kemper verso il sistema di taglio. Questo produce porzioni di fusto più lunghe rispetto al sistema di trinciatura tradizionale (pezzotti di circa 60-70 cm). Le porzioni di fusto tagliate vengono scaricate direttamente sotto la macchina in andane per poter essere poi raccolte. Anche in questo caso il rigiro dell'andana sarà necessario per garantire una macerazione uniforme.

Il secondo sistema per la raccolta dei fusti di canapa consiste nell'utilizzo di tre barre falcianti, lunghe 4 m ciascuna, montate ad altezze diverse su un unico telaio metallico collegato al trattore. Questo sistema molto pratico e veloce permette di ottenere porzioni di fusto lunghe 1 metro circa. In questo caso però non avverrà la formazione dell'andana, ma il materiale verrà lasciato disordinatamente in campo dopo il passaggio della macchina. Lo spargimento dei fusti renderà la macerazione più veloce rispetto a quanto avverrebbe con il materiale andanato, ma è comunque necessaria una fase di rivoltamento con ranghinatori per un retting uniforme. In Foto 4 viene mostrata una macchina che si basa sul sistema delle tre barre, sviluppata da un'impresa della Repubblica Ceca.

Sistemi innovativi per la raccolta combinata

Da una collaborazione tra la ditta Hempflax e la John Deere nasce la tecnologia denominata "double-cut". Questo sistema innovativo di raccolta è composto da una mietitrebbia John Deere Mod.W660 (potenza 270 kW), sulla quale sono state abbinare una testata da grano John Deere 613R e una testata tipo Kemper modello John Deere 445 comunemente usata per produrre mais trinciato (Foto 5). Questa macchina è stata creata appositamente per la raccolta separata di seme, fibra e residui di trebbiatura, quest'ultima frazione viene usata per l'estrazione del CBD, un importante metabolita usato nel settore farmaceutico. Per una descrizione dettagliata del sistema di raccolta si rimanda al lavoro "La raccolta della canapa in Romania. Valutazione di un sistema innovativo per l'approvvigionamento del seme, della fibra e dei residui di trebbiatura" presente in questo Speciale.

CONCLUSIONI

Le macchine presentate in questo lavoro forniscono una visione d'insieme delle tecnologie più attuali e disponibili sul mercato per la raccolta di lino e canapa per la produzione di fibra.

Mentre la coltivazione del lino è prevalentemente finalizzata alla produzione di fibra tessile, la coltivazione della canapa è orientata anche verso la produzione di materiali compositi, materiale per l'industria edile e automobilistica, così come per la produzione di olio e prodotti farmaceutici. Tuttavia se la valorizzazione dei diversi sottoprodotti permette un incremento della produzione lorda vendibile, è richiesta una migliore organizzazione del cantiere di raccolta per separare in campo le diverse frazioni ed indirizzarle a catene logistiche diverse che ne possano mantenere le diverse qualità. Le esperienze che si stanno operando in Europa, possono essere di grande aiuto per definire la migliore cantieristica idonea ad operare nelle caratteristiche italiane.



Foto 4 - Sistema di taglio a tre barre falcianti in azione © Jacek Kolodziej.



Foto 5 - Vista laterale della mietitrebbia abbinata alla testata tipo kemper e testata da grano © Luigi Parl.

Bibliografia

AMADUCCI S., ZATTA A., PELATTI F., VENTURI G., 2008 - **Influence of agronomic factors on yield and quality of hemp (*Cannabis sativa* L.) fibre and implication for an innovative production system.** Field crops Research. 107, 161-169 pp.

BACCI L., BARONTI S., ANGELINI L., DI VIRGILIO N., 2007 - **Manuale di coltivazione e prima lavorazione del lino e altre piante da fibra.** Regione toscana, 24-25 pp.

DEYHOLOS M.K., POTTER S., 2014 - **Engineering bast fiber feedstocks for use in composite materials.** Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 3 (1), 53-57 pp.

ERWIN H.L., SEBER D., 1996 - **Bast fiber application for composites.** BioComposite Solutions, United States of America.

JARANOWSKA B., 1966 - **Influence de la densite de semis et de l'ecartement de lignes du chanvre monoique sur le rendement et la qualite de recolte.** Fibra, 11, pp 31.

KANIEWSKI R., 2010 - **Zbiór konopi nasiennych z plantacji przemysłowych.** Pamiętnik Puławski 151, 307-317 pp.

LAWRENCE T.D., MOHANTY A.K., MISRA M., 2001 - **Bio-composite Materials as Alternatives to Petroleum-based Composites for Automotive Applications:** www.speautomotive.com/SPEA_CD/SPEA2001/pdf/e/E1.pdf.

MOOLEKI S.P., McVICAR R., BRENZIL C., PANCHUK K., PEARSE P., HARTLEY, HANKS S., FRIESEN K., 2006 - **Hemp Production in Saskatchewan, Saskatchewan Ministry of Agriculture.** Saskatchewan Hemp Association and Hemp Oil Canada Inc.

TANNER W.F., 1922 - **Microbiology of flax retting.** *Botanical Gazette.* Pag 174-185. University of Illinois. Urbana. www.cs.arizona.edu/patterns/weaving/articles/bg_flx2.pdf Technical bulletin no. 236, Department of Agriculture, Washington D.C., United States of America.

VOGLA C., LISSEK-WXSOLFB G., SURBÖCKA A., 2003 - **Comparing Hemp Seed Yields (*Cannabis sativa* L.) of an On-Farm Scientific Field Experiment to an On-Farm Agronomic Evaluation Under Organic Growing Conditions in Lower Austria.** Journal of Industrial Hemp 9; 1.

KEYWORDS: fiber, mechanization, harvesting, innovation.

Abstract: Harvesting of the fiber crops. The mechanization as mean to satisfy the market requirements. At

present, many species of plants are known to produce fibres, but only a few are considered commercially viable. The largest part of the natural fiber comes from the bast fibre crops. These type of fibres are sclerenchyma fibres associated to the phloematic tissue of the plant. They generate from the apical meristem with the primary tissue, or by lateral meristem with secondary tissues. Important bast fibres crops are hemp, jute, kenaf, flax, ramie, etc.. The market request for these type of fibers is increasing, especially in the construction and automotive industries. The agricultural management of the bast fiber crops is similar to that of food crops, however some problems related to the mechanical harvesting are still present. These crops were harvested and processed by hand, but today this practice would be almost impossible for the high costs of manual work. Indeed, well defined and spread information on technology for the mechanical harvesting is still lacking. In order to respond to the growing market of fiber-based products and to the request of technology for fiber production, this work will furnish an overview of the most innovative mechanical harvesting systems applied to bast fibre crops in Europe, with special reference to flax and hemp.

La raccolta della canapa in Romania

Valutazione di un sistema innovativo per l'approvvigionamento del seme, della fibra e dei residui di trebbiatura

di LUIGI PARI, ANTONIO SCARFONE, VINCENZO ALFANO

L'interesse per la coltivazione della canapa è tornato a crescere in Italia. I prodotti derivanti dalla sua coltivazione sono molteplici e trovano applicazione in diversi settori industriali, ma le tecnologie per il loro approvvigionamento sono ancora scarse, è necessario quindi trovare delle soluzioni logistiche per raccogliere questi prodotti separatamente.

PAROLE CHIAVE: canapa, polivalente, meccanizzazione, raccolta

Dopo un periodo di flessione, la coltivazione della canapa industriale è tornata ad aumentare in Europa e sta riguadagnando interesse anche in Italia. L'organizzazione del mercato della canapa rientra nel campo di applicazione del regolamento (CE) n. 1234/2007, relativo all'organizzazione comune dei mercati nel settore agricolo (regolamento unico OCM). Secondo quanto stabilito dai regolamenti (CE) n. 73/2009, n. 1120/2009, n. 1121/2009 e n. 1122/2009, la coltivazione della canapa industriale è soggetta ad alcune restrizioni e gode di un regime di aiuti, in particolare per la trasformazione della canapa destinata alla produzione di fibre. Nello specifico, le varietà di canapa da fibra per le quali è autorizzata la coltivazione devono presentare un tasso di delta-9-tetra-idro-cannabinolo (THC) inferiore allo 0,2 per cento nelle parti verdi di un campione standardizzato, calcolato secondo il metodo definito dai regolamenti comunitari.

Gli Stati membri devono controllare almeno il 30 per cento delle superfici di canapa coltivata a scopo industriale; le varietà di canapa che superino la soglia dello 0,2% di THC sono radiate dalle liste di quelle eleggibili alla coltivazione. La canapa è considerata anche nell'ambito del pacchetto di riforma della politica agricola comune (PAC) e in particolare, nel regolamento sui pagamenti diretti si stabilisce che le superfici utilizzate per la produzione di canapa sono ettari «ammissibili», che conferiscono cioè il diritto all'aiuto, solo se il tenore di tetraidrocannabinolo delle varietà coltivate non supera lo 0,2%.

Attualmente in Italia il mercato della canapa non ha una

grande rilevanza, ma da alcuni anni l'interesse per la coltura è cresciuto in quanto la canapa si inserisce bene nel moderno contesto della "bioraffineria", concetto basato sullo sfruttamento integrale della pianta per la valorizzazione economica dei diversi prodotti ottenibili. Pertanto, gli agricoltori che intendono investire su questa specie sono in aumento. Per riattivare un



Foto 1 - Mietitrebbia John Deere Mod.W66, con testata superiore JD 613R ad altezza massima di taglio e testata inferiore tipo Kemper.

LUIGI PARI, CREA ING luigi.pari@crea.gov.it - VINCENZO ALFANO, CREA ING vincenzo.alfano@crea.gov.it
ANTONIO SCARFONE, CREA ING antonio.scarfone@crea.gov.it

mercato della canapa risulta quindi necessario introdurre in Italia delle tecnologie idonee che possano permettere l'ottenimento delle materie prime da commercializzare.

In questo articolo si riportano i risultati di prove di raccolta svolte in Romania nel Settembre del 2015 con una mietitrebbia a doppia testata, modificata opportunamente per la raccolta separata di seme, fibra e residui di trebbiatura, quest'ultima frazione viene usata per l'estrazione del CBD, un importante metabolita usato nel settore farmaceutico. Lo sviluppo di questo sistema combinato di raccolta nasce da una collaborazione tra la ditta Hempflax e la John Deere che ha portato alla messa sul mercato della tecnologia denominata "double-cut". Il CREA ING, avendo collaborato con la Ditta Hempflax nell'ambito del Progetto EU FIBRA, ha condotto prove sperimentali per definire le prestazioni del nuovo sistema al fine di fornire agli agricoltori italiani indicazioni sulle possibilità di raccogliere separatamente, già in campo, le diverse frazioni ritraibili dalla coltivazione della canapa. Questa attività di ricerca è stata svolta nell'ambito dei Progetti SUSCACE e Fibra.

MATERIALI E METODI

La prova ha avuto luogo in un appezzamento di terreno di forma rettangolare con superficie pari a 1,99 ha (coordinate 45°55'0"N e 23°32'59"E) (Figura 1). Il terreno, di proprietà della Ditta Hempflax, ricade all'interno del territorio di Petrești (250 m.s.l.m.), un villaggio 20 km a sud della città di Alba Iulia, nella regione della Transilvania, Romania. Hempflax coltiva dal 2015 circa 500 ha di canapa in Romania ed ha inaugurato recentemente un impianto per la separazione delle fibre e l'estrazione dell'olio dal seme di canapa.

La coltura: caratteristiche botaniche, esigenze ambientali e produttività

La canapa, *Cannabis sativa* L., è una pianta erbacea annuale dal fusto eretto che può raggiungere i 4 metri in altezza. La specie è adattata alla crescita in fasce climatiche

temperate, mediterranee e sub-tropicali, aventi una temperatura media annua compresa tra i 13 ed i 22 °C (AMADUCCI *et al.* 2010). Il ciclo vegetativo va da marzo-aprile ad agosto-settembre. L'apparato radicale è di tipo fittonante, pertanto, per una corretta coltivazione sono richieste delle lavorazioni profonde. Nella gestione della canapa a duplice attitudine (fibra e seme), la densità di semina è di circa 100 piante a m², maggiore è invece se la si coltiva solo per scopi tessili (JARANOWSKA 1966).

Da un punto di vista agronomico, la canapa è molto sensibile alle concimazioni azotate, infatti, una carenza di questo elemento può ridurre significativamente la crescita della pianta (EHRENSING 1998).

La canapa coltivata per duplice attitudine viene raccolta a fine agosto-settembre, quando i semi hanno raggiunto il giusto grado di maturazione, mentre quella coltivata per soli scopi tessili è tradizionalmente raccolta quando le piante maschili hanno raggiunto la piena fioritura (BOCSA e KARUS 1998), periodo che corrisponde al massimo momento di accumulo della fibra (AMADUCCI *et al.* 2008, MEDIIVILLA *et al.* 2001). In Europa e in USA, la resa media in fibra va dalle 14 alle 23 t ha⁻¹ (STRUJK *et al.* 2000), mentre le rese in seme variano in media dalle 0,5 alle 1,5 t ha⁻¹ (VOGLA *et al.* 2003, MOOLEKI 2006).

Tecnica culturale

La preparazione del letto di semina nel caso oggetto di studio, ha previsto un'aratura di media profondità, seguita da erpicatura pre-semine ed accompagnata da una concimazione di fondo con 500 kg di NPK 15/15/15 per ha e 140 kg N33% per ha in copertura. La semina è stata eseguita a metà Aprile con una seminatrice a righe, simile a quelle tradizionalmente usate per il frumento. La quantità di seme impiegato, di varietà Felina, è stata di 35 kg ha⁻¹. La canapa è una coltura molto competitiva nei confronti delle infestanti e resistente alla siccità, per cui la lotta alle malerbe e l'irrigazione possono essere evitate.

Il cantiere di raccolta

La mietitrebbia modificata è una *John Deere Mod.W660* (potenza 270 kW), sulla quale sono state abbinate una testata da grano John Deere 613R e una testata tipo Kemper modello John Deere 445 comunemente usata per la raccolta del mais trinciato.

Al di sopra del canale di alimentazione della mietitrebbia è stata montata una struttura costituita da due profilati di metallo posti in verticale, alti 3 m e distanti tra loro 1,50 m. La struttura funge da guida e da sostegno per il sollevamento della testata JD 613R, attraverso un pistone idraulico agente su un cavo d'acciaio. Il sollevamento della testata permette di lavorare da un'altezza minima di 1,10 m ad un massimo di 2,5 m da terra (Foto 1).

La larghezza massima della testata è di 5,25 m, con una larghezza teorica di taglio di 4,80 m. L'intera struttura di sollevamento della testata da grano è collegata alla mietitrebbia tramite due pistoni idraulici, posti al di sopra della cabina, che permettono anche l'inclinazione della testata stessa. Sia le regolazioni che l'alimentazione dell'aspo e

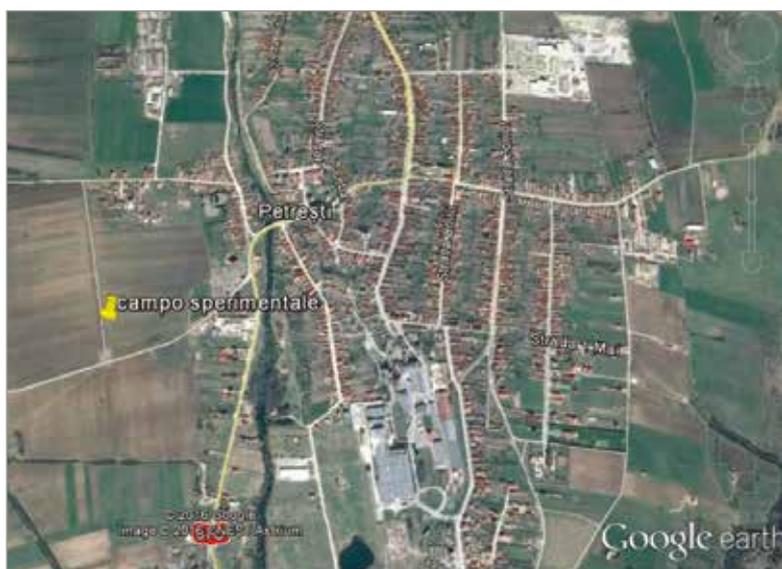


Figura 1 - Localizzazione del campo sperimentale.

della lama di taglio sono assicurati da sistemi idraulici. La pianta viene quindi tagliata a livello del primo palco fertile dalla testata da grano e le infruttescenze contenenti i semi vengono inviate all'apparato trebbiante. Contemporaneamente, il resto della pianta viene tagliato alla base dalla testata inferiore modello JD 445. In questo caso, la visuale dell'operatore durante le operazioni di raccolta potrebbe essere coperta dalla testata superiore, pertanto, l'operatore per la guida del mezzo si avvale di un sistema GPS e di una videocamera montata tra le due testate e collegata ad un monitor da 6 pollici posto in cabina.

La testata JD 445, oltre al taglio basale, provvede al convogliamento dei fusti nell'apparato di pezzatura abbinata ad essa. Essa, a differenza di quella superiore, è azionata da una trasmissione di tipo meccanico che avviene mediante cinghie collegate direttamente al motore. La testata JD 445 è costituita da 4 tamburi verticali dotati di 5 serie di dentellature per lo spostamento laterale delle piante tagliate ed una lama di taglio a denti triangolari fissi per il taglio basale. La larghezza massima di lavoro è di 4,5 m mentre la larghezza operativa di taglio risulta essere di 4,3 m. Durante il trasporto su strada i due tamburi laterali vengono inclinati permettendo di raggiungere un ingombro massimo di 3,9 m (Foto 2).

La testata può sollevarsi da terra ad opera di due martinetti idraulici fino ad una altezza massima di taglio di 45 cm, corrispondente ad una luce libera per il passaggio della macchina in fossi di 40 cm.

I fusti tagliati e già privi di infruttescenze vengono convogliati all'interno dell'apparato di taglio, ad opera di quattro rulli dentati, rispettivamente due verticali lunghi 42 cm e due orizzontali lunghi 63 cm. I rulli trasportano il prodotto in corrispondenza dell'apparato di taglio, quest'ultimo costituito da un tamburo orizzontale avente un unico coltello (sistema Hempcut). Quest'ultimo è montato su un porta-coltello saldato sul tamburo in posizione diagonale e inclinato di 15° circa. Questo sistema di taglio produce porzioni di fusto lunghe 60 cm; il prodotto tagliato viene scaricato in andana posteriormente tra le ruote della mietitrebbia.

Il prodotto andanato viene rivoltato per mezzo di ranghinatori dopo circa 7 giorni per poter essere lasciato altri 7 giorni a macerare in campo. Una macerazione uniforme, garantisce un'agevole estrazione della fibra. Dopo la fase di retting, il prodotto può essere imballato. L'azienda Hempflax utilizza per queste operazioni il big-baler della Krone mod. Big Pack (Foto 3). Tale macchina consente di formare balle lunghe 2,4 m larghe 1,2 m e alte 0,9 m aventi un peso medio di circa 500 kg ciascuna.

Le infruttescenze di canapa contenenti i semi, una volta sfalciate, vengono scaricate per caduta nella bocca di alimentazione della mietitrebbia, per poi essere trebbiate. Il sistema trebbiante è regolato come mostrato in Tabella 1. Il seme entra nella tramoggia e il residuo di trebbiatura derivante dagli scuotipaglia viene fatto cadere in andana, mentre il residuo della trebbiatura spinto dalla ventola assiale tra i crivelli e gli scuotipaglia, costituito prevalentemente dai residui dell'infruttescenza (foglie, brattee,

brattee e residui fiorali) viene aspirato da un sistema di raccolta a ventola e scaricato su un carro trainato da trattore che avanza parallelamente per essere inviato alla estrazione del CBD. Tale sistema, posto nella parte terminale della raccogliitrice, è costituito da una bocca di aspirazione con luce rettangolare di larghezza 111 cm ed altezza 12 cm posta sopra i crivelli, che si collega tramite un tubo flessibile di alluminio di diametro pari a 32 cm ad una ventola a palette di diametro 80 cm ed larghezza 30



Foto 2 - Particolare frontale della mietitrebbia con testata inferiore sollevata in modalità di trasporto.



Foto 3 - Vista laterale del big baler.

Parametro	Valore
Distanza battitore/contro-battitore	15 mm
velocità di rotazione del battitore	780 mm
velocità di rotazione della ventola assiale	1100 giri min ⁻¹
crivelli superiore con larghezza variabile	5 - 11 mm
crivello inferiore larghezza	3 mm

Tabella 1 - Caratteristiche del sistema trebbiante.

cm, alimentata da un sistema cinghia/cardano/cinghia e direttamente collegata al motore della mietitrebbia.

Il flusso d'aria generato convoglia il materiale in una doccia

di scarico girevole e orientabile, che scarica il prodotto su un carro trainato da trattore (Foto 4). Tale doccia può essere piegata durante il trasposto per far rientrare la macchina nell'ingombro omologato.



Foto 4 - Sistema di raccolta dei residui di trebbiatura.

Dati della coltura	Unità di misura	Valore
Densità	Piante m ⁻²	99 ± 18
Altezza media	cm	202 ± 2
Diametro medio	mm	8,57 ± 1,6
Lunghezza media dell'infruttescenza	cm	29,4 ± 11
Peso medio della singola pianta	g	23 ± 2,7
Peso medio totale della biomassa nella parcella	kg	2,3 ± 2

Tabella 2 - Caratteristiche della coltura.

Dati di produttività della coltura (su base fresca)	Unità di misura	Valore
Biomassa totale	t ha ⁻¹	23 ± 2,9
* fusti e residui di trebbiatura	t ha ⁻¹	22,2 ± 2,9
* semi	t ha ⁻¹	0,78
Umidità della biomassa alla raccolta	%	40
Umidità del seme	%	25
Perdite di raccolta (seme)	%	0,5
Seme danneggiato	%	0,1
Impurità nel seme raccolto	%	0,8

Tabella 3 - Dati di produttività della coltura.

Operatività della macchina		
	Unità di misura	Valore
Velocità effettiva	m s ⁻¹	1,72
Velocità operativa	m s ⁻¹	1,37
Capacità di lavoro effettiva	ha h ⁻¹	2,48
Capacità di lavoro operativa	ha h ⁻¹	2,00
Produzione oraria operativa di seme	t h ⁻¹ (b.f. ⁽¹⁾)	1,56
Produzione oraria operativa di biomassa	t h ⁻¹ (b.f.)	44,4

⁽¹⁾ b.f. = su base fresca

Tabella 4 - Dati di operatività della macchina.

	Unità di misura	Valore
Altezza di taglio	cm	19,5 ± 5,7
Altezza media dell'andana	cm	39,6 ± 7,5
Larghezza media dell'andana	cm	104,2 ± 4,3
Lunghezza media del pezzato prodotto	cm	58,4 ± 9,2

Tabella 5 - Caratteristiche dell'andana.

Rilievi sulla coltura

Le principali caratteristiche della coltura sono state individuate prendendo come riferimento 5 parcelle sperimentali da 1 m² ciascuna selezionate casualmente nel campo sperimentale. I principali parametri rilevati sono stati: densità media a m², altezza media, diametro medio, lunghezza media dell'infruttescenza, peso medio della singola pianta, peso medio della parcella. La resa in semi per ettaro è stata calcolata pesando con una pesa certificata il trattore più il rimorchio vuoto prima del test e il trattore più il rimorchio pieno dopo il test. Mentre la biomassa ad ettaro è stata stimata sulla base dei rilievi partecellari prima esposti.

Valutazione delle prestazioni della macchina

I tempi di raccolta sono stati rilevati secondo la metodologia ufficiale della Commission Internationale de l'Organisation Scientifique du Travail en Agriculture (C.I.O.S.T.A.) e le raccomandazioni dell'Associazione Italiana di Genio Rurale (A.I.G.R.) 3A R1, provvedendo a registrare su un apposito software sviluppato in ambiente Visual Basic i tempi necessari alle diverse operazioni durante la raccolta e ad eseguire le successive elaborazioni (BOLL *et al* 1987). Dallo studio dei tempi sono state individuate: la capacità di lavoro effettiva, la capacità di lavoro operativa e la produttività oraria. Inoltre è stata eseguita la valutazione dei consumi e della resa (ha/ora) della macchina in termini di seme e di biomassa prodotta (tutto su base fresca).

Qualità del lavoro svolto

Allo scopo di valutare la qualità del lavoro svolto dalla macchina operatrice sono stati rilevati l'altezza di taglio, l'altezza media dell'andana lasciata dopo il passaggio della macchina, la larghezza media dell'andana, la lunghezza media del pezzato. Le perdite di raccolta sono state valutate solo relativamente al seme.

RISULTATI

Caratteristiche morfologiche della coltura

In Tabella 2 vengono mostrate le medie dei rilievi effettuati sulle principali caratteristiche morfologiche della coltura che influenzano l'operatività della raccogliatrice.

Il dato di densità media di piante a m² è risultato in linea con quanto trovato in letteratura, mentre l'altezza media è risultata inferiore. Lo scarso accrescimento della coltura secondo l'agricoltore è da ascrivere alle alte temperature estive al di sopra delle medie annue.

Il diametro medio dei fusti non è risultato superiore ad 1 cm, mentre la lunghezza media dell'infruttescenza è stata in media di 23 cm. I dati sulla produttività della coltura vengono forniti in Tabella 3.

Le rese in seme della coltura sono state di 0,78 t ha⁻¹ (su

base fresca), mentre le produzioni di biomassa da fibra sono state di 22,2 t ha⁻¹ (su base fresca).

Tali parametri sono da considerarsi soddisfacenti, dato l'andamento climatico dell'estate del 2015; probabilmente in caso di stagione favorevole, questi valori sarebbero stati superiori. È importante precisare che il clima della Romania è di tipo temperato-continentale, molto simile a quello del Nord-Italia.

Operatività della macchina

Lo studio dei tempi ha rivelato una capacità di lavoro operativa di 2,00 ha/ora ed una produttività oraria di 1,56 tonnellate di seme fresco per ora e 44,4 tonnellate di biomassa fresca per ora (Tabella 4).

I risultati ottenuti nella prova vanno interpretati tenendo conto della capacità di lavoro operativa, cioè quella che considera i tempi accessori come le voltate, i tempi morti e i tempi di scarico. In questo caso il parametro di riferimento è di 2 ha h⁻¹; tale risultato si può considerare in linea con quelle che sono le prestazioni delle mietitrebbie utilizzate su colture oleaginose (PARI *et al.* 2014).

Qualità del lavoro

I risultati riscontrati nella fase post raccolta, relativi alle caratteristiche dell'andana formata dopo il passaggio della mietitrebbia, sono riassunti in Tabella 5.

CONCLUSIONI

Lo scopo di questo lavoro è stato quello di presentare agli agricoltori Italiani una tecnologia sviluppata all'estero in grado di separare direttamente in campo le diverse frazioni valorizzabili della canapa industriale. Le prestazioni della macchina sono risultate particolarmente interessanti, anche in virtù del fatto che tale tecnologia risulta già disponibile sul mercato. I risultati della prova sperimentale sono stati influenzati dallo scarso sviluppo della coltura, dovuto al particolare andamento climatico del 2015, per tale ragione ulteriori prove sperimentali verranno svolte in futuro.

Acknowledgement

Si ringrazia il Deputy Director di Hempflax, DR. MARK REINDERS ed il General manager di Hempflax Romania, Dr. OANA SOCIU, per la disponibilità ad accogliere lo staff del CREA-ING in Romania. Si ringrazia anche l'operaio specializzato del CREA-ING, Sig. SANDU LAZAR, per aver collaborato nello svolgimento dei test.

Bibliografia

AMADUCCI S., GUSOVIVUS H.J., 2010 - **Industrial Applications of Natural Fibres: Structure, Properties and Technical Applications**. Chapter 6, 1-57 pp.

AMADUCCI S., ZATTA A., PELATTI F., VENTURI G., 2008 - **Influence of agronomic factors on yield and quality of hemp (*Cannabis sativa* L.) fibre and implication for an innovative production system**. Field crops Research, 107, 161-169 pp.

BÖCSA I., KARUS M., 1998 - **The cultivation of hemp: botany, varieties, cultivation and harvesting**. Hemptech Sebastopol, California, USA

BOLLI P., SCOTTON M., 1987 - **Lineamenti di tecnica della meccanizzazione agricola**. Edagricole.

Ehrensing, D.T., 1998 - **Feasibility of Industrial Hemp Production in the United States Pacific Northwest**. Oregon State University. Oregon, USA.

JARANOWSKA B., 1966 - **Influence de la densité de semis et de l'espacement de lignes du chanvre monoïque sur le rendement et la qualité de recolte**. Fibra 11, pp 31.

MEDIAVILLA V., LEUPIN M., KELLER A., 2001 - **Influence of the growth stage of industrial hemp on the yield formation in relation to certain fibre quality traits**. Ind. Crops Prod., 13, 49-56 pp.

MOOLEKI S.P., MCVICAR R., BRENZIL C., PANCHUK K., PEARSE P., HARTLEY, HANKS S., FRIESEN K., 2006 - **Hemp Production in Saskatchewan, Saskatchewan Ministry of Agriculture**. Saskatchewan Hemp Association and Hemp Oil Canada Inc.

PARI L., GALLUCCI F., CIVITARESE V., ACAMPORA A., SANZONE E., ALFANO V., ASSIRELLI A., 2014 - **Innovazione meccanica per la raccolta del cardo in ambiente arido**. Supplemento n.3 a Sherwood - Foreste ed Alberi oggi n. 203.

STRUJKA P.C., AMADUCCIA S., BULLARD M.J., STUTTERHEIMA N.C., VENTURIB G., CROMACK H.T.H., 2000 - **Agronomy of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) in Europe**. Industrial Crops and Products, 11, pp 107-118.

VOGLA C., LISSEK-WXSOLF G., SURBÖCKA A., 2003 - **Comparing Hemp Seed Yields (*Cannabis sativa* L.) of an On-Farm Scientific Field Experiment to an On-Farm Agronomic Evaluation Under Organic Growing Conditions in Lower Austria**. Journal of Industrial Hemp 9; 1.

KEYWORDS: hemp, multi-purpose, harvesting, mechanization, testing.

Abstract: Harvesting of industrial hemp in Romania: evaluation of an innovative system for the multi-procurement of seed, fiber and threshing residues for CBD extraction. After a period of declining interest, the hemp (*Canapa sativa* L.) is back to being considered a profitable crop in Italy and in Europe. Currently, all aboveground biomass of hemp can be exploited in determined processing facilities and using specific technologies; the deriving products are mainly embedded within the productive chains of food, textile, automotive, and construction industries. However, the success of the hemp products is not yet in line with the success of its cultivation. From an agronomical point of view, some problems remain on the selection of stable varieties and on technological gaps in harvesting technologies, which impede the full exploitation of the species. In this paper it will be presented a study aimed at testing the performance of a machine used for the combined harvesting of seeds and fiber from conventional hemp grown in Romania. The machine tested was a combine equipped with two harvesting head and with a modified cutting system appositely developed by a Dutch company. The test was performed in order to determine the productivity of the machine in terms of seeds and biomass produced and the work quality. The results of the machine test showed interesting performances, indicating a good productivity and a good work quality, basically in line with the performance of traditional combines.

Confronto tra cloni di eucalitto da biomassa

Comportamento produttivo e risposta all'idrogel

di GIOVANNI MUGHINI, ANGELO DEL GIUDICE, VINCENZO CIVITARESE, ANTONIO SCARFONE, LUIGI PARI

Nell'articolo si illustrano i risultati ottenuti in due prove effettuate in una località dell'Italia centrale. La prima prova ha riguardato un confronto tra 4 cloni di eucalitto per valutarne il comportamento produttivo, la seconda invece la risposta in termini di sopravvivenza e accrescimento all'impiego di idrogel al momento della messa a dimora di materiale clonale di eucalitto.

PAROLE CHIAVE: eucalitto, biomassa, confronto, idrogel



Foto 1 - A: talea radicata di 10 mesi; B: irrigazione di soccorso localizzata dopo la messa a dimora.

L'eucalitto è considerato ormai da tempo a livello mondiale *un des champions de la biomasse* in grado di produrre biomassa per uso energetico e industriale e legname da opera. È adatto alla coltivazione in una ampia gamma di situazioni climatiche, da quelle tropicali a quelle temperate fredde passando per quelle tipiche mediterranee (MARTIN 2003). Nei paesi in cui l'eucalitticoltura è una importante risorsa economica (Portogallo, Spagna, Marocco, Brasile, Argentina, Cile ecc.) viene ormai coltivato da tempo secondo i canoni tipici dell'arboricoltura da legno. Si tratta di fatto di una vera e propria coltura agraria, il cui fine è la produzione di grandi quantità di legname per unità di superficie. Per favorire la produttività e mantenere la fertilità dei suoli si impiegano terreni di buona giacitura e profondità, e si attuano interventi di concimazione, diserbo e reintegro della sostanza organica (MARTIN 2003). Si adoperano inoltre varietà clonali selezionate appositamente per le caratteristiche desiderate (MARTIN 2003).

In Italia fino a qualche decennio fa si stimava che la superficie delle piantagioni di eucalitto si estendessero su 72.000 ha, di cui 54.000 puri e 18.000 in consociazione con altre specie (BOGGIA 1987). Si tratta in linea di massima di soprassuoli frutto di interventi operati nel secolo scorso a scopo protettivo e produttivo, impiegando sementali di specie pura, che hanno dato risultati positivi in termini di difesa del suolo ma non per la produzione, in quanto realizzati in situazioni ambientali molto difficili (CORONA *et al.* 2009).

In ambito nazionale vi è una forte richiesta di biomassa

GIOVANNI MUGHINI, CREA PLF giovanni.mughini@crea.gov.it - ANGELO DEL GIUDICE, CREA ING angelo.delgiudice@crea.gov.it - VINCENZO CIVITARESE, CREA ING vincenzo.civitarese@crea.gov.it - ANTONIO SCARFONE, CREA ING antonio.scarfone@crea.gov.it - LUIGI PARI, CREA ING luigi.pari@crea.gov.it

per fini energetici e la coltivazione dell'eucalitto in modo sostenibile, nelle aree a clima mediterraneo, potrebbe contribuire a soddisfare almeno in parte la domanda. In quest'ottica però le piantagioni dovrebbero essere realizzate e gestite secondo i canoni tipici dell'arboricoltura da legno precedentemente accennati e seguiti in altri paesi. La tipologia di coltivazione dell'eucalitto più idonea, in questo momento in Italia, sembra essere la *Medium Rotation Forestry* (MRF) che prevede turni di 5-6 anni con densità d'impianto di 1.100-1.600 piante ad ettaro, in grado di produrre biomassa per uso energetico non solo come "cippato" ma anche come legna da ardere.

Quest'ultima ha infatti un notevole mercato in Italia, spuntando prezzi superiori al cippato. Inoltre l'eucalitto presenta valori di potere calorifico simili a quella della quercia (MUGHINI *et al.* 2012). Nel presente lavoro si è valutato il comportamento di quattro cloni di eucalitto, selezionati dal CREA PLF, e la risposta all'impiego di idrogel in due prove di coltivazione a MRF realizzate presso l'istituto di Ricerca CREA -ING di Monterotondo (RM) nell'Italia centrale.

MATERIALI E METODI

Le prove sono state realizzate in un terreno alluvionale a giacitura pianeggiante, con tessitura limo-argillosa, difficilmente lavorabile se non in condizione di tempera (COLORIO *et al.* 1996). Il clima della zona è temperato-caldo, tipico dell'Italia centro-meridionale, con temperatura media annua mite (15°C) con escursioni piuttosto modeste e poche giornate annue al di sotto dello zero (20 giorni), precipitazioni medie annue (800 mm) concentrate nel periodo autunno-invernale praticamente esente da nevicate e con vento dominante di modesta o media intensità provenienti da sud-ovest (COLORIO *et al.* 1996).

Il terreno prima della messa a dimora, è stato arato alla profondità media di 30 cm circa, seguita da erpicatura con erpice a dischi. L'impianto è stato realizzato i primi di Luglio 2013, all'inizio del periodo siccitoso estivo.

Per la realizzazione delle prove sono state impiegate talee radicate di 10 mesi di età, allevate in contenitori alveolari (Foto 1A). Il postime è stato messo a dimora manualmente, sotto il pane di terra di ciascuna pianta nella buchetta sono stati posti 40 g di un concime a lento rilascio (9+20+8+3,0 MgO+0,1 B), subito dopo la chiusura è stata effettuata un'irrigazione localizzata con 2-3 l di acqua per pianta e un diserbo a tutto campo con oxifluorfen (0,50-0,70 l/h p.a.) (Foto 1B). La distanza d'impianto adottata è stata di 3 m tra le file e 2 m sulla fila (1600 p ha⁻¹). Le cure colturali nelle prime due stagioni vegetative sono consistite in lavorazioni superficiali con erpice a dischi tra le file, per eliminare le infestanti e ridurre l'evaporazione dell'acqua dal terreno. Durante la prima stagione vegetativa sono state effettuate 3 irrigazioni con 2-3 litri di acqua e una scerbatura localizzata per pianta.

Prova idrogel

L'idrogel è un poliacrilammide reticolato usato in agricoltura e in arboricoltura da legno, in grado di assorbire elevate quantità di acqua. Posto a contatto delle radici o del pane

di terra all'atto della messa a dimora crea una riserva idrica per le piante, riducendo la crisi da trapianto, la mortalità e il numero di interventi d'irrigazione.

In Brasile viene impiegato con successo da molti anni, nella costituzione di piantagioni di eucalitto durante la stagione secca. Il suo impiego elimina o riduce al minimo i costosi interventi di irrigazione e scerbatura localizzata, la mortalità per crisi di trapianto, e permette un adeguato sviluppo delle piantine già dopo la messa a dimora. (WILCKEN *et al.* 2008, ROSSI VICENTE *et al.* 2015).

Si ritiene che l'idrogel, se usato nella coltivazione dell'eucalitto nelle nostre aree a clima mediterraneo, porterebbe a vantaggi simili a quelli citati in Brasile: poter piantare nel periodo estivo (stagione secca) prima dell'arrivo di quello piovoso autunno-invernale (stagione umida).

Pertanto si è ritenuto di verificare tale ipotesi con una sperimentazione *ad hoc* impiegando il clone Velino, confrontando i seguenti tre trattamenti:

- ad ogni pianta nel momento della messa a dimora sono stati aggiunti 1,5 l di idrogel idratato (G);
- si è seguito lo stesso procedimento del trattamento 1, con l'aggiunta di 2-3 l di acqua (G+A);
- in questo trattamento si è seguito il sistema tradizionale: non è stato usato l'idrogel ma è stata effettuata

Nome/signa	Specie parentali	Costitutore
Viglio (ex 358)	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> , <i>E. bicostata</i>	CREA-PLF Roma
Velino (ex 7)	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> , <i>E. bicostata</i>	CREA-PLF Roma
14	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> , <i>E. bicostata</i>	CREA-PLF Roma
81	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> , <i>E. viminalis</i>	CREA-PLF Roma

Tabella 1 - Cloni impiegati per l'impianto del CREA-ING



Foto 2 - Prova clonale al secondo anno di vegetazione.

una prima irrigazione di soccorso localizzata, con 2-3 l di acqua (T).

Nel corso della stagione vegetativa ai trattamenti con idrogel (G, G+A) non è stato effettuato nessun intervento di irrigazione localizzata. Nel trattamento testimone (T) invece sono state effettuate 3 irrigazioni localizzate così come normalmente si dovrebbe fare quando si pianta durante la stagione secca per ridurre la mortalità per crisi da trapianto. Per confrontare i tre trattamenti si è adottato un dispositivo sperimentale a blocchi randomizzati completi con 8 ripetizioni e parcelle elementari in linea di 5 piante. A sei mesi di distanza dalla messa a dimora (Dicembre 2013) è stato effettuato il rilievo della sopravvivenza e dell'altezza. Sopravvivenza, altezze e diametro a 1,30 m da terra, sono stati rilevati anche alla fine del secondo anno dalla messa a dimora.

Prova clonale

Sono stati messi a confronto 4 cloni, le cui caratteristiche sono riportate nella Tabella 1. I cloni sono stati disposti in campo secondo un dispositivo sperimentale a blocchi randomizzati completi con 10 ripetizioni e parcelle elementari quadrate di 25 piante. Al secondo anno di vegetazione sono state rilevate la sopravvivenza, l'altezza e il diametro a 1,30 m da terra, con l'ausilio di un cavalletto dendrometrico e un ipsometro Vertex IV. Il rilievo ha interessato le sole 9 piante centrali per ogni parcella elementare, al fine di escludere l'effetto bordo interparcellare.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Prova idrogel

Il tasso di sopravvivenza rilevato a 6 mesi di età è rimasto invariato anche a 2 anni, per questo motivo nel Grafico 1, è stata riportata un'unica serie di dati.

I valori indicano, come il tasso di sopravvivenza aumenti passando dal trattamento T al trattamento G+A. Evidenziando l'effetto positivo apportato dall'idrogel e ancor più dall'idrogel e acqua sulla coltura nei primi mesi dalla messa a dimora.

Anche i parametri dendrometrici, a sei mesi (altezza) e al secondo anno di vegetazione, esposti nella Tabella 2 evidenziano come il trattamento G+A abbia fornito i risultati migliori. Il trattamento G invece mostra i valori più bassi anche per l'altezza a sei mesi dall'impianto.

Tenendo presente che le piante con l'apparato radicale assorbono l'acqua dall'idrogel, i risultati ottenuti potrebbero essere stati determinati dal fatto che la riserva idrica dell'idrogel ha ridotto la crisi di trapianto e quindi determinato la maggior sopravvivenza nei confronti del testimone. L'irrigazione localizzata data al trattamento G+A ha probabilmente, mantenendo umido il terreno intorno alle piantine, e contenuto la perdita di acqua dall'idrogel per osmosi con il suolo nei primi 6 mesi, cosa che non è avvenuta per il trattamento G. Per il testimone invece l'irrigazione localizzata, non è riuscita a ridurre la crisi di trapianto, in quanto probabilmente parte dell'acqua data è percolata o evaporata. Sulle piante sopravvissute però

le irrigazioni successive, nel corso del periodo siccitoso hanno permesso lo sviluppo maggiore nei confronti di G nei primi 6 mesi. Tale beneficio si è poi confermato negli anni successivi.

Non a caso lo sviluppo dell'eucalitto, nel corso del primo anno, è considerato fondamentale per il buon esito di una piantagione (MARTIN 2003). Nel Grafico 2 sono messi in relazione i diametri e le altezze delle piante al secondo anno di vegetazione per i tre trattamenti.

La dispersione di punti indica come i diametri e le altezze, evidenziate nel riquadro, si concentrino rispettivamente tra i 5 e 7 cm e i 5-7 m di altezza per i tre trattamenti. Sembra pertanto che nella situazione stagionale saggiata l'impiego dell'idrogel non abbia prodotto differenze importanti, in termini di maggior accrescimento, nei confronti del testimone (T). Il suo uso però è comunque da considerarsi positivo e da consigliare nei confronti del metodo tradizionale in quanto evita di ricorrere a costose irrigazioni localizzate. La quantità di prodotto da somministrare per pianta è molto bassa e il costo contenuto, inferiore a quello delle irrigazioni localizzate.

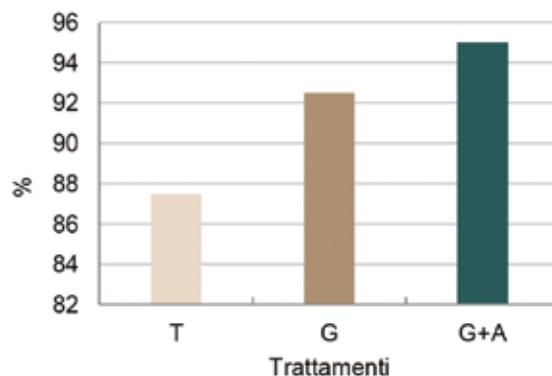


Grafico 1 - Sopravvivenza trattamenti.

Parametro	Trattamento		
	T	G	G+A
Altezza (6 mesi)	109,03±11,49	92,02±11,78	114,55±12,43
Diametro (2 anni)	5,86±1,08	5,44±0,51	6,16±1,14
Altezza (2 anni)	5,74±0,71	5,42±0,67	5,84±0,73
Volume (m ³ ha ⁻¹)	11,08±5,52	9,46±2,44	14,15±6,53

Tabella 2 - Parametri dendrometrici a sei mesi e al secondo anno di vegetazione.

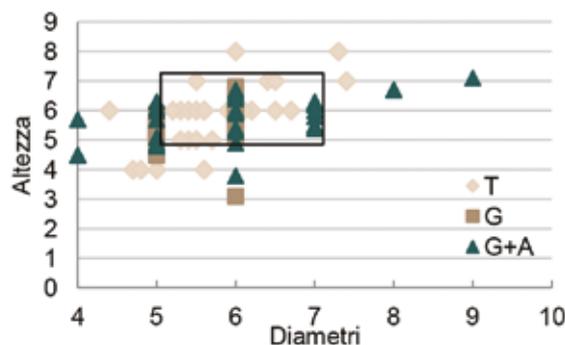


Grafico 2 - Distribuzione diametri e altezze per i trattamenti.

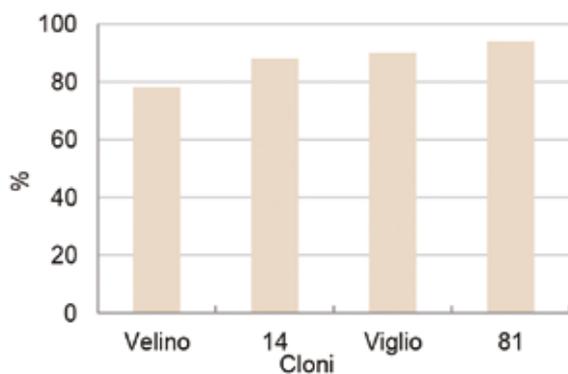


Grafico 3 - Tasso di sopravvivenza dei 4 cloni confrontati.

Clone	Velino	14	Viglio	81
Altezza (m)	5,2±0,88	5,7±1,01	4,9±0,79	5,9±0,87
Diametro (cm)	5,1±1,24	5,9±1,47	5,8±1,54	6,7±1,47
Volume (m ³ ha ⁻¹)	7,6±4,39	12,6±7,58	10,6±6,81	16,8±8,77

Tabella 3 - Parametri dendrometrici dei 4 cloni a 2 anni.

Prova clonale

Nel Grafico 3 è riportato il tasso di sopravvivenza dei 4 cloni saggiati, coltivati con il metodo tradizionale, i cloni 81 e Viglio hanno dato una risposta in termini di sopravvivenza rispettivamente del 94% e 90%, valori superiori alla media (88%). Il clone 14 invece mostra un tasso di sopravvivenza in linea con la media, il Velino è il clone che ha dato la risposta più bassa 78%. Nella Tabella 3 sono riportati i principali parametri dendrometrici dei 4 cloni al secondo anno di vegetazione. Il clone 81 mostra l'accrescimento maggiore con un diametro medio di 6,7 cm ed un'altezza media di 5,9 m. I cloni Viglio e Velino invece mostrano rispettivamente gli accrescimenti diametrici e di altezza minori. Nell'ultima riga della tabella sono riportati i valori di accrescimento volumetrico, riportati all'ettaro, dei 4 cloni saggiati, mettendo in risalto le differenze produttive. Il clone 81 anche in questo caso ha dato la migliore risposta con un volume medio pari a 16,8 m³ ha⁻¹, seguito dal clone 14 con 12,6 m³ ha⁻¹ nonostante un minore tasso di sopravvivenza rispetto al Viglio, mentre il clone Velino ha fatto registrare i valori più bassi 7,6 m³ ha⁻¹. Va ricordato come nel calcolo del volume si sia tenuto conto del tasso di sopravvivenza, parametro che ha influito sulla resa dei cloni in particolare per il Velino. I risultati preliminari confermano l'interessante comportamento produttivo dei cloni saggiati già evidenziali in altre prove (MUGHINI *et al.* 2014). Per una valutazione definitiva si ritiene opportuno aspettare la metà del ciclo colturale.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Prova idrogel

Nella stazione presa in considerazione l'uso dell'idrogel sembra apportare beneficio nei confronti del metodo tradizionale in termini di maggior sopravvivenza. Per quanto riguarda la crescita invece il beneficio si ha combinandolo con una irrigazione localizzata subito dopo l'impianto. Se si considera che il metodo tradizionale prevede il ricorso a

irrigazioni cicliche nel periodo siccitoso, vi è un vantaggio non indifferente perché evita di effettuare questa pratica molto costosa.

Per avere un quadro completo sull'efficacia dell'idrogel è comunque opportuno estendere la sperimentazione anche ad altre situazioni pedoclimatiche, caratterizzate da periodi siccitosi più marcati di quello della stazione saggiata.

Prova clonale

Il comportamento produttivo generale dei cloni confrontati risulta interessante ed estremamente promettente. Velino e Viglio, i cloni che prossimamente verranno immessi sul mercato, confermano il loro interessante comportamento già rilevato in altre condizioni pedoclimatiche (Mughini *et al.* 2014). Molto interessanti i risultati degli altri due cloni (14 e 81) specie quelli dell'81 che sembra adattarsi meglio degli altri alle condizioni della stazione saggiata. La loro immissione sul mercato sembra auspicabile, in quanto in grado di spuntare accrescimenti superiori agli altri due cloni, almeno in situazioni simili a quella saggiata, sempre che tale comportamento si mantenga nei prossimi anni.

Bibliografia

BOGGIA L., 1987 - **Conclusioni sull'eucalitticoltura nazionale**. Cellulosa e Carta, 5:11-17.

COLORIO G., BENI C., FACCIOTTO G., ALLEGRO G., FRISON G., 1996 - **Influenza del tipo di lavorazione reimpianto su accrescimento e stato fitosanitario del pioppo**. L'Informatore Agrario n° 22 pp 51-57.

CORONA P., FERRARI B., IOVINO F., LA MANTIA T., BARBATI A., 2009 - **Rimboschimenti e lotta alla desertificazione in Italia**. Aracne Editrice, Roma, 281 pp.

MARTIN B., 2003 - **L'Eucalyptus: un arbre forestier stratégique**. Rev. For. Fr. LV - 2.

MUGHINI G., GRAS M., SALVATI L., 2014 - **Growth performance of selected eucalypt hybrid clones for SRWC in central and southern Italy**. Annals of Silvicultural Research 38 (1), pp 7-12.

MUGHINI G., GRAS M., SALVATI L., FILIPPELLI S., TANCHIS U., 2012 - **Velino e Viglio due cloni per l'eucalitticoltura italiana**. Sherwood Ottobre 187: 41-45.

ROSSI VICENTE M., ALMEIDA MENDES A., FERREIRA DA SILVA N., RODRIGUES DE OLIVEIRA F., GONÇALVES MOTTA JUNIOR M., ORLANDI BARBOSA LIMA V., 2015 - **Uso de gel hidrorretentor associado à irrigação no plantio do eucalipto**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.9, n°5, p.344 - 349.

WILCKEN C. F., VIANNA LIMA A. C., RIBEIRO DIAS T. K., MASSON M. V., FERREIRA FILHO P.J., FERREIRA DO AMARAL M. H., 2008 - **Guia Prático de Manejo de Plantações de Eucalipto**. UNESP-Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho".

KEYWORDS: Eucalyptus, biomass, comparison, hydrogels

Abstract: comparison of eucalyptus clones from biomass. Productive behavior and hydrogel answer. In Italy there is a strong demand of biomass for energy use. Sustainable cultivation of eucalyptus in Mediterranean climate areas, it might satisfy some of the demand. This study aims to evaluate the performance of four eucalyptus clones, at the second year of vegetation, and the response to hydrogel use, in two tests established in central Italy.

Recupero dei residui fluviali di canna comune

Analisi dei cantieri proponibili

di LUIGI PARI, ANGELO DEL GIUDICE, ANDREA ACAMPORA, ENRICO SANTANGELO

Generalmente la manutenzione degli alvei fluviali è un'operazione giustificata solo dalla necessità di salvaguardare l'efficienza idraulica. La scarsa conoscenza relativa alle tecniche di sfalcio, raccolta, conservazione e digestione anaerobica di residui erbacei, l'assenza o la limitata cooperazione tra gli operatori della filiera e barriere di natura giuridica, fanno sì che i residui erbacei provenienti dagli sfalci degli alvei fluviali, nonostante le interessanti potenzialità, non vengano utilizzati (o lo siano solo marginalmente) per alimentare impianti di digestione anaerobica per la produzione di biogas.

PAROLE CHIAVE: alvei fluviali, biomassa ripariale, raccolta, valorizzazione energetica, *Arundo donax* L.

Nel settore delle bioenergie si sta assistendo ad un graduale riduzione dell'utilizzo delle colture energetiche verso

una maggiore valorizzazione delle biomasse residuali (Foto 1). In tale ambito, la manutenzione del verde di aree sia urbane che agricole potrebbe generare notevoli quantitativi di biomassa da destinare ad usi energetici (produzione di biogas e/o bioetanolo, termovalorizzazione). La piena valorizzazione di tali fonti incontra però ostacoli di diversa natura legati a vincoli di tipo legislativo, ambientale e tecnico. L'incentivazione delle fonti rinnovabili per la produzione di energia ha richiesto una più precisa classificazione delle biomasse ed un allargamento del *plateau* utilizzabile. Nell'evoluzione normativa più recente (D.Lgs. 28/2011) alla biomassa "dedicata" (costituita da tutte le colture coltivate a tale scopo) è stata affiancata anche una biomassa "residuale", vincolata ai cicli produttivi di origine quali attività agricole, catene alimentari primarie e secondarie, utilizzazioni forestali, lavorazioni agroindustriali, ecosistema urbano. Emerge, quindi, una volontà anche politica di premiare l'utilizzo dei sottoprodotti per usi energetici (CARRATÙ e RIVA 2013). Sia il D.M. 6 luglio 2012, che incentiva la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili diverse dal fotovoltaico, che il D.Lgs. 28/2011, riguardante l'utilizzo di biocarburanti nel settore dei trasporti, individuano una lista esaustiva di sottoprodotti e prevedono opzioni premiali nel caso in cui si ricorra al loro impiego. Le più



Foto 1 - Biomassa fluviale di canna comune durante le operazioni di sfalcio.

LUIGI PARI, CREA ING luigi.pari@crea.gov.it - ANGELO DEL GIUDICE, CREA ING angelo.delgiudice@crea.gov.it
ANDREA ACAMPORA, CREA ING andrea.acampora@crea.gov.it - ENRICO SANTANGELO, CREA ING enrico.santangelo@crea.gov.it

importanti biomasse residuali sono costituite dai residui degli interventi forestali e delle lavorazioni agricole, ciò in relazione al fatto che il loro recupero affianca all'attività di salvaguardia ambientale la possibilità di un ritorno economico e dei benefici sociali.

UTILIZZAZIONE DELLA BIOMASSA RIPARIALE

La manutenzione degli alvei fluviali costituisce un'attività fondamentale per la gestione sostenibile del territorio e l'utilizzazione della vegetazione ripariale a scopi energetici è un settore dalle enormi potenzialità che sta suscitando particolare interesse, soprattutto in virtù del fatto che non va a sottrarre superficie alle colture alimentari recuperando allo stesso tempo un materiale residuo (DEL GIUDICE *et al.* 2014). I notevoli quantitativi di biomassa prodotta vengono solitamente lasciati sul posto oppure portati in discarica, prevedendo solo in minima parte un'attività di recupero. In considerazione del valore aggiunto che può avere l'utilizzazione della vegetazione fluviale sia dal punto di vista della protezione del territorio, sia in relazione all'approvvigionamento di biomassa no-food per scopi energetici e da superfici non produttive, appare, invece, strategica la scelta di analizzare le possibilità di recupero di tali residui, non ancora razionalmente utilizzati, attraverso la valutazione dei quantitativi ottenibili, il miglioramento della cantieristica disponibile e la definizione di filiere di recupero del materiale ripariale, con particolare riferimento alla canna comune (*Arundo donax* L.).

Tale specie viene indicata ormai da diversi anni come una delle più interessanti fonti di biomassa per l'impiego nel settore delle bioenergie (PILU *et al.* 2013) soprattutto nell'area mediterranea. In particolare, recenti indagini (CAPPELLI *et al.* 2015, RAGAGLINI *et al.* 2014) hanno messo in risalto il ruolo che l'*Arundo* potrà avere nella produzione di biogas, integrando o sostituendo colture da energia come mais e sorgo (SCHIEVANO *et al.* 2012).

La grandissima varietà di condizioni ambientali e/o operative che si possono incontrare negli alvei e la loro influenza sulle operazioni di manutenzione, giustificano approcci molto diversi a seconda del caso. Le formazioni ripariali possono presentare provvigioni e composizione specifica molto diverse e le limitate ricerche sinora svolte (CARTISANO *et al.* 2012, FORZIERI 2012, RECCHIA *et al.* 2008) sono state limitate alla valutazione della componente legnosa.

Generalmente gli enti preposti alla manutenzione degli alvei fluviali sono i Consorzi di Bonifica, enti di diritto pubblico che curano l'esercizio e la manutenzione delle opere pubbliche di bonifica e controllano l'attività dei privati, sul territorio di competenza (comprensorio di bonifica).

Il mancato sfruttamento di queste risorse è da imputare, probabilmente, alla mancanza di idonee macchine agricole che possano operare nei diversi contesti effettuando lo sfalcio e la raccolta e ad una limitata, se non del tutto assente, cooperazione tra gli operatori della filiera quali: Consorzi di bonifica, ditte costruttrici di macchine per il taglio, raccolta e movimentazione della biomassa, centrali per la produzione di energia e Università e/o Enti di Ricerca.

ATTREZZATURE PER LA MANUTENZIONE DEGLI ALVEI

Generalmente la manutenzione degli alvei è un'operazione giustificata solo dalla necessità di salvaguardare l'efficienza idraulica. Per questo motivo, le formazioni ripariali devono essere sottoposte ad una manutenzione frequente, che può anche generare notevoli quantitativi di biomassa valorizzata, come già detto, solo in minima parte.

Punto cruciale è rappresentato dalla movimentazione e raccolta della vegetazione trinciata. Se la biomassa viene lasciata lungo le sponde si innescano processi di umificazione e mineralizzazione, causa di un aumento della fertilità del terreno. In tali situazioni il ricaccio della nuova vegetazione è più veloce e vigoroso, obbligando così il Consorzio di Bonifica a dover intervenire con sfalci molto più frequenti.

Sulla base delle esperienze ottenute nello studio: "L'impiego dei residui fluviali di canna comune. Analisi dell'efficienza di due trinciatrici" pubblicato nel Supplemento n. 3/2014 di Sherwood, si è ritenuto necessario individuare una soluzione tecnica che oltre allo sfalcio garantisca il recupero della biomassa. Per tale motivo è stata effettuata un'indagine conoscitiva relativamente alle attuali linee di meccanizzazione presenti sul mercato, sia a livello nazionale che europeo.

Per il lavoro di taglio e raccolta combinata esistono diverse soluzioni da applicare su trattori, autocarri, semoventi e portattrezzi usati in genere per la gestione del verde a bordo strada, scarpate autostradali, argini di fiumi e canali di bonifica, spazi verdi pubblici e privati.

Le macchine e le attrezzature impiegate nella manutenzione dei corsi d'acqua presentano caratteristiche e funzioni diverse in relazione alle diverse situazioni in cui queste si trovano ad operare. Come già accennato, tra gli scopi della manutenzione degli alvei prevale il contenimento del rischio idraulico e la salvaguardia e tutela della salubrità ambientale, realizzati attraverso la riduzione della vegetazione presente in prossimità e all'interno dell'alveo.

Il contenimento della vegetazione richiede l'impiego di mezzi d'opera diversi tra loro, sia per caratteristiche tecniche che per settore produttivo di provenienza (trattrici agricole, escavatori gommati e semoventi).

Secondo quanto riportato da Raimondi e Busolin (RAIMONDI e BUSOLIN 2009) le attrezzature adatte per un'ottimale gestione dei corsi d'acqua si possono classificare a seconda se si prevede:

- Sfalci della vegetazione spondale;
- Manutenzione della vegetazione di fondo;
- Manutenzione con mezzi d'opera particolari.

Nel presente articolo verranno prese in esame quelle attrezzature di norma utilizzate per lo sfalcio della vegetazione spondale in quanto quella più interessante ai fini di una trasformazione energetica.

Nello specifico esiste tutta una serie di attrezzature adoperabili sui mezzi d'opera che rappresentano la vera e propria specializzazione rispetto alla manutenzione dei

corsi d'acqua. Le caratteristiche tecniche delle macchine e delle attrezzature, come del resto i tempi di lavorazione e i costi, sono influenzati da questa complessa realtà, nonché dalla specifica orografia e dalle specie vegetali presenti. Le macchine, infatti, sono costrette ad operare su canali che presentano elevata variabilità morfologica ed idraulica, con presenza di ostacoli che ne impediscono l'accesso e la ottimale funzionalità.

Le attrezzature utilizzate per la manutenzione degli alvei e lo sfalcio della vegetazione presente si possono classificare in due principali tipologie:

1. Trinciasarmenti (innovative con sistema aspirante e/o nastri trasportatori);
2. Ceste falcianti.

TRINCIASARMENTI

Per il contenimento della vegetazione spondale o arginale, fino al piede di sponda, si utilizza il trinciasarmenti. Si tratta di un'attrezzatura, generalmente montata su trattori agricoli da 80 a 130 cavalli, costituita da una struttura in cui l'organo lavorante è formato da un rotore ad asse orizzontale al quale sono collegati gli organi di taglio che ruotano a velocità maggiore di quella di avanzamento.



Foto 2 - Trincia-aspiranti della ditta Hemos durante le operazioni di sfalcio dell'erba, (fonte: www.hemos.nl).



Foto 3 - Trinciasarmenti con nastro trasportatore della ditta Hemos (fonte: www.hemos.nl).

Gli organi di taglio normalmente sono costituiti da coltelli, ma possono essere utilizzati in alternativa zappette o martelli.

Il trinciasarmenti può essere montato posteriormente al trattore agricolo per la pulizia delle sommità arginali e spondali, o lateralmente su braccio articolato, per operare su superfici non orizzontali. In questo caso il trinciasarmenti è orientabile (a mezzo di pistone idraulico) secondo l'inclinazione del terreno.

Il rilascio della vegetazione sul terreno in seguito allo sfalcio può essere causa dell'aumento della fertilità del suolo che provoca una maggiore ricrescita della stessa. Inoltre, la vegetazione sfalciata e non asportata dall'alveo provoca un aumento dell'apporto di nutrienti al corpo idrico causando, in tal modo, profondi fenomeni di eutrofizzazione delle acque.

Oltre tali aspetti, la vegetazione sfalciata e lasciata sulle sponde può causare seri problemi al deflusso dell'acqua nel momento in cui possano finire in alveo in occasione degli eventi di piena e ostruire ponti o tombamenti.

In risposta all'esigenza di contenere i fenomeni appena descritti, sono state introdotte alcune versioni innovative di trinciasarmenti dotate di nastro trasportatore e/o sistema aspirante. Nel primo caso le attrezzature hanno la particolarità di riuscire ad asportare la vegetazione trinciata dal piano inclinato della sponda o dell'argine fino al ciglio superiore, all'occorrenza anche sul piano orizzontale della stessa. Il tutto è ottenuto convogliando il flusso d'uscita della vegetazione su di un nastro trasportatore che impatta perpendicolarmente la stessa e grazie all'alta velocità di rotazione devia tale getto di vegetazione nella direzione ed alla distanza desiderata. Nel caso di macchine provviste di sistema aspirante, il tipo di dispositivo che attua la raccolta può essere rappresentato da gruppo di aspirazione a turbina (il materiale viene aspirato mediante un vortice d'aria generato da una ventola) o da un sistema a depressione integrato sul cassone di raccolta (il materiale viene risucchiato per il vuoto creato all'interno del cassone).

Di seguito vengono descritte alcune soluzioni meccaniche proposte da diverse case costruttrici.

HEMOS

La Hemos è una casa costruttrice olandese (www.hemos.nl) ed è specializzata nella progettazione e produzione di macchine per la manutenzione delle canalizzazioni e della rete stradale. Nella Foto 2 è illustrata una soluzione meccanica adottata per lo sfalcio dell'erba con cassone integrato in cui viene veicolata la biomassa.

Esistono inoltre delle versioni innovative di trinciasarmenti dotate di nastro trasportatore (Foto 3), queste attrezzature hanno la particolarità di riuscire ad asportare la vegetazione trinciata dal piano inclinato della sponda o dell'argine fino al ciglio superiore, all'occorrenza anche sul piano orizzontale della stessa. Il tutto è ottenuto convogliando il flusso d'uscita della vegetazione su di un nastro trasportatore che impatta perpendicolarmente la stessa e grazie all'alta velocità di rotazione devia tale getto di vegetazione nella direzione ed alla distanza desiderata.

BERKY

La ditta tedesca Berky (www.berky.de) è specializzata nella produzione di macchine e attrezzature per la manutenzione degli alvei fluviali. Essa propone delle macchine semoventi in grado di sfalciare la biomassa e convogliarla sul piano orizzontale della sponda (Foto 4).

Tale soluzione consiste di un ranghinatore a pettine a denti doppi, con larghezza di lavoro fino a 3,80 m. L'attrezzatura viene collegata ad un braccio idraulico ed azionata idraulicamente. Alternativa al ranghinatore a pettine è rappresentata da un ranghinatore rotativo collegabile ad un braccio meccanico. Anche la ditta Berky propone, inoltre, un trinciasarmenti dotato di nastro trasportatore in grado di proiettare la biomassa processata sul piano orizzontale della sponda del canale o dell'alveo.



Foto 4 - Sfalcio e immediato trasporto della vegetazione sul piano della sponda con nastro trasportatore o ranghinatore rotativo (fonte: www.berky.de).

HERDER

La ditta Herder (www.herder.nl) è una casa costruttrice olandese che sviluppa macchine funzionali e versatili per la manutenzione di canali e strade. Nella Foto 5 è illustrato il modello "Grenadier" a cui possono essere collegati diversi strumenti da lavoro per la gestione di banchine stradali e canalizzazioni o comunque ambienti di lavoro stretti di difficile gestione. In questo caso la biomassa trinciata viene convogliata ad opera di un flusso di aria generato da una valvola assiale collegata alla presa di potenza del trattore, su un carro da questi trainato.

La richiesta da parte degli enti di bonifica di macchine in grado di affrontare ambienti di lavoro complessi, legati alla manutenzioni degli alvei e canalizzazioni minori ha portato allo sviluppo di attrezzature specifiche in grado di lavorare su entrambe le sponde in un unico passaggio.



Foto 5 - Modello "Grenadier" della ditta olandese Herder, con particolare della testata trinciante (fonte: www.herder.nl).

NOREMAT

La NOREMAT (www.noremat.fr) è una ditta francese che da diversi anni è impegnata nello sviluppo e nella distribuzione di macchine che praticano lo sfalcio ed il recupero dei rifiuti verdi. Tra i modelli proposti spicca il modello VSV (Foto 6) progettato per i professionisti della manutenzione del verde.

Altra tipologia di macchine aspiranti la biomassa durante le fasi operative, è rappresentata da un rimorchio aspiratore modello "Jumbo 31". La biomassa raccolta viene veicolata all'interno del rimorchio, grazie ad una pompa in aspirazione posizionata sull'attacco a tre punti del trattore, con la possibilità di indirizzare il prodotto raccolto verso la valorizzazione energetica.



Foto 6 - Il modello VSV proposto dalla ditta Noremat durante la fase di lavoro (fonte: www.noremat.fr).

OSMA

La ditta OSMA (www.osmasnc.com) con sede a Scannabue (CR) progetta e produce macchine per l'agricoltura, la bonifica e uso forestale, tra i diversi modelli propone un trinciasarmenti innovativo dotato di nastro trasportatore in grado di veicolare la biomassa processata sul ciglio dell'argine o sul piano orizzontale della sponda (Foto 7). La biomassa proiettata sul piano orizzontale della sponda può essere raccolta da una rotoimballatrice oppure da un auto caricante. La OSMA inoltre propone l'escavatore a

"ragno" Batemag P.100, da 10 t, a 2 o 4 ruote motrici, con trasmissione interamente idrostatica. Presenta un braccio telescopico su cui possono essere installati cucchiaio da scavo o per la pulizia canali da 40/60/70/80/90 cm, martello demolitore o una testa fresante. La macchina deve essere trasferita sul pianale di un autocarro fino al punto di lavoro, dove poi è autonoma per brevi spostamenti. Su terreni pendenti o poco compatti si procede mediante l'azione alternata della benna e dei ramponi (Foto 8).



Foto 7 - Trinciasarmenti con nastro trasportatore prodotto dalla OSMA (fonte: MAD Ottobre 2009).

HYMACH

La ditta Hymach (www.hymach.it) produce macchine per la manutenzione del verde, con sede a Stienta di Rovigo (RO). In particolare la soluzione tecnica proposta è una trinciatrice aspirante a braccio oleodinamico mod. "Tornado" con testata a rotore, da applicare posteriormente ad un trattore. Il prodotto trinciato ed aspirato, può essere disposto in andana sul piano orizzontale della sponda oppure viene veicolato entro un apposito cassone integrato all'operatrice. La macchina risulta specifica per lavori di manutenzione del verde stradale e autostradale, in scarpate, argini anche profondi, sponde di corsi d'acqua e in aree campestri (Foto 9).

ELHO

La ditta ELHO propone la falciatrice HNM 320 C (Foto 10) dotata di un Hydro Balance System. La falciatrice ha una larghezza di taglio di 3,2 m, con 8 dischi di taglio; caratteristica è la possibilità di girare la barra e al fine di eseguire la falciatura su entrambi i lati. Il sistema side flow depone il raccolto lateralmente; la falciatrice HNM 320 C è controllata idraulicamente dall'operatore.

ENERGREEN

La ditta Energreen propone la decespugliatrice semovente idrostatica ILFS 1500, concepita per lo sfalcio di erba, arbusti e per la manutenzione di cigli stradali, scarpate, canali e scoli d'acqua. Può essere omologata come macchina operatrice industriale o agricola (Foto 11).

Lo sfalcio viene effettuato da una fresa a rotore, su cui sono collegati i coltelli, disposti elicoidalmente sull'albero. La testata trinciante è da 120 cm e può ruotare di 180°. Il rotore raggiunge un regime di 3.000 giri/min e viene azionato da una pompa idraulica a cilindrata variabile, gestita elettronicamente. La fresa è collegata alla macchina tramite un braccio speciale, articolato in tre tronconi con movimento telescopico e può raggiungere una lunghezza massima di 9,7 m.

CESTA FALCIANTE

Si tratta di un'attrezzatura portata da macchine operatrici adibite alla movimentazione di terra (applicata sul braccio di un escavatore). È costituita da una benna formata



Foto 8 - L'escavatore a ragno Batemag P.100 della Osma, a 2 o 4 ruote motrici (fonte: www.batemag.com).



Foto 9 - La macchina in fase operativa con il prodotto trinciato che può essere disposto in andana sul piano orizzontale della sponda oppure convogliato direttamente in un cassone trainato (fonte: CREA-ING www.hymach.it).



Foto 10 - La falciatrice a 8 dischi di taglio HNM 320 C della ELHO (fonte: www.mascus.com).



Foto 11 - Macchina semovente idrostatica Energreen ILF S 1500 (fonte: CREA-ING).

da barre di ferro sagomate, che durante la lavorazione lasciano passare l'acqua trattenendo invece la vegetazione sfalciata. Al posto dei denti da scavo è presente una barra falciante oscillante a doppia lama.

Originariamente le ceste falcianti venivano usate per sfalciare la vegetazione di fondo lungo i corsi d'acqua. Le caratteristiche e le modalità con cui veniva impiegata rendevano la cesta falciante un'attrezzatura con impatto ambientale alquanto elevato. Il suo utilizzo comporta un consistente asporto di sedimento, con conseguente movimentazione dal fondale di sostanze organiche e distruzione di nicchie ecologiche. Anche per questa tipologia di attrezzatura è in atto un sviluppo tecnologico che possa permettere un suo utilizzo con effetti decisamente meno impattanti sul corso d'acqua. A tal fine è stata proposta una nuova cesta falciante (Foto 12). Le caratteristiche principali di questa nuova attrezzatura consistono in una struttura molto più leggera, una capacità di accumulo limitata (grazie ad raggio di curvatura ridotto) ma con dimensioni assolutamente ragguardevoli che possono arrivare anche fino a 5 m (per aumentare il più possibile la produttività). All'estero la cesta falciante viene impiegata anche per sfalciare e raccogliere la vegetazione delle sponde, per cui la barra falciante è spesso dotata di un sistema di premi-lama, che grazie ad un potente impianto idraulico riesce a tagliare arbusti di qualche centimetro di diametro. Dal punto di vista dell'impatto ambientale, essendo adibita al solo taglio della vegetazione al fondo, risulta essere molto meno impattante rispetto alla cesta falciante classica.

LA STRATEGIA DI RACCOLTA OTTIMALE

Le biomasse erbacee richiedono una serie di passaggi da eseguire prima della valorizzazione energetica: raccolta della biomassa in campo, compattazione, carico, trasporto, stoccaggio, omogeneizzazione, controllo qualità, etc. La biomassa è un materiale relativamente voluminoso, che richiede, per la raccolta e il trasporto, macchine di dimensioni relativamente grandi. Supponendo una produzione di erba di 5-6 tonnellate per ettaro, e considerando una densità media apparente di 200-220 kg/m³, bisogna raccogliere e movimentare un volume medio di 20-25 m³ per ettaro. Di conseguenza la distanza di trasporto e la quantità di operazioni dai siti di raccolta fino alla destinazione finale influenzano fortemente l'economicità: per questo motivo la filiera deve essere definita e organizzata in modo attento e scrupoloso.

Dopo il taglio con falciatrici o trinciatrici, per la raccolta della biomassa si utilizzano carri autocaricanti, imballatrici o presse. Il processo di approvvigionamento per l'impianto di digestione può prevedere uno stoccaggio intermedio, nel quale la biomassa viene insilata e successivamente trasportata al digestore, in relazione al fabbisogno dell'impianto. Dal lavoro di indagine effettuato, sono emerse due cantieristiche differenti, in relazione al fatto che il prodotto raccolto sia trasportato sfuso o imballato. La prima, costituita dalle trinciatrici aspiranti, caricano il prodotto sfuso su carri ed effettuano direttamente il trasporto. La seconda, costituita da sistemi di ranghinazione, movimentano la



Foto 12 - Cesta falciante proposta dalla casa tedesca Michaelis montata su escavatore gommato (fonte: www.dennisbarnfield.co.uk.)

biomassa in un'area pianeggiante dove può operare una imballatrice.

I due cantieri si adattano diversamente alle molteplici condizioni operative e permettono di avere un prodotto con differente massa volumica e quindi trasportabile a diverse distanze dal luogo della raccolta.

CONCLUSIONI

La maggior utilizzazione delle biomasse residuali è condizionata dalla possibilità di introdurre sul territorio italiano sistemi organizzativi, logistici e tecnici in grado di contenere i costi di raccolta, trasporto e stoccaggio.

Nel caso del potenziale utilizzo della biomassa derivante dalle operazioni di manutenzione degli alvei fluviali (in primis l'utilizzo di *Arundo donax*), la convergenza di una cantieristica razionale, di una pianificazione adeguata in grado di abbattere i costi di intervento e di una moderna filosofia di gestione può generare profitto dalle operazioni di manutenzione, favorendo una cura più attenta dei corsi d'acqua, riducendo così eventuali problemi di dissesto idrogeologico e permettendo, allo stesso tempo, un efficiente recupero della biomassa residuale per la produzione di biogas e/o bioetanolo.

L'attivazione di queste catene di approvvigionamento energetico, anche in parziale sostituzione della quota rappresentata dalle "colture dedicate", e la cooperazione tra le diverse categorie della filiera comporterebbe evidenti vantaggi sia sul fronte della sostenibilità ambientale, sia sulla riduzione dell'impatto della filiera bioenergetica sui mercati dei prodotti agricoli destinati all'alimentazione.

Note

Il riferimento a costruttori e modelli di macchine specifici ha lo scopo di aiutare il lettore a valutare correttamente il panorama attuale. Ciò non implica alcun sostegno a favore di costruttori e/o modelli specifici e l'esclusione di macchine simili prodotte da altre aziende.

Bibliografia

RAIMONDI S., BUSOLIN M., 2009 - **La gestione dei corsi d'acqua. MAD, macchine agricole domani.** Numero speciale Ottobre 2009: 6-19.

CAPPELLI G., YAMAÇ S. S., STELLA T., FRANCONI C., PALEARI L., NEGRI M., CONFALONIERI R. 2015 - **Are advantages from the partial replacement of corn with second-generation energy crops undermined by climate change? A case study for giant reed in northern Italy.** Biomass and Bioenergy, Volume 80, September 2015, Pages 85-93.

CARRATÙ L., RIVA G., 2013 - **Inquadramento legislativo e aspetti legati all'impiego energetico.** Atti de "I Sottoprodotti Agroforestali e Industriali a Base Rinnovabile", Ancona, 26-27 Settembre 2013. Vol. 1 - I sottoprodotti di interesse del D.M. 6.7.2012 - Inquadramento, potenzialità e valutazioni. www.extravalore.it

CARTISANO R., MATTIOLI W., CORONA P., SCARASCIA MUGNOZZA G., SABBATI M., FERRARI B., DORA C., GIULIARELLI D., 2013 - **Assessing and mapping biomass potential productivity from poplar-dominated riparian forests: A case study.** Biomass and Bioenergy, 54: 293-302.

DEL GIUDICE A., ASSIRELLI A., PARI L., SANTANGELO E., 2014 - **L'impiego dei residui fluviali di canna comune. Analisi dell'efficienza di due trinciatrici.** In: Valorizzazione delle risorse agricole nell'ottica del concetto di bioeconomia. Progetti di ricerca SUSCACE e FAESI. Supplemento n. 3 a Sherwood. n. 203; pp.: 37-42.

FORZIERI G., 2012 - **Satellite retrieval of woody biomass for energetic reuse of riparian vegetation.** Biomass and Bioenergy, 36: 432-438.

PILU R., MANCA A., LANDONI M., 2013 - **Arundo donax as an energy crop: pros and cons of the utilization of this perennial plant.** Maydica, 58 (1), 54-59.

RAGAGLINI G., DRAGONI F., SIMONE M., BONARI E., 2014 - **Suitability of giant reed (*Arundo donax* L.) for anaerobic digestion: effect of harvest time and frequency on the biomethane yield potential.** Biore-source technology, 152, 107-115.

RECCHIA L., CINI E., FAGGIOLI L., CORSI S., PIRAGINO F., 2008 - **Evaluation of the reuse of biomass produced by riparian vegetation management. Paper presented at 16th European Biomass Conference and Exhibition.** From Research to Industry and Markets; 2-6 June 2008 Valencia.

SCHIEVANO A., D'IMPORZANO G., CORNO L., ADANI F., CERINO BADONE F., PILU R., 2012 - **Più biogas a costi inferiori con Arundo o doppia coltura.** Supplemento a l'Informatore Agrario 25: 21-25

KEYWORDS: river banks, biomass riparian, harvesting, energy valorization, *Arundo donax* L.

Abstract: Recovery of fluvial residues giant reed. The riparian vegetation is a valuable biomass that can be advantageously exploited for energy use. This could represent an added value improving the economic sustainability of activities ecologically fundamental but unprofitable. Although the current interest in biomass potential productivity from riparian habitats is greater than in the past, very few studies have analyzed the potential chain that could involve the use of riparian biomass for energy purposes. This study has allowed to acquire precious indications about the identification of the mechanization lines suitable for the handling of riparian vegetation of *Arundo* and to make a first evaluation of the characteristics of the product aimed at its energy use.

L'espianto del vigneto con sradicatore portato

Prestazioni e qualità del lavoro svolto

di LUIGI PARI, ANTONIO SCARFONE, VINCENZO ALFANO, ENRICO SANTANGELO

L'espianto di un vigneto a fine produzione è un'operazione costosa ma necessaria per rendere il terreno nuovamente coltivabile; ad oggi questa operazione viene svolta perlopiù con escavatori. Il presente lavoro mostra l'impiego di una macchina specializzata per l'espianto di frutteti evidenziandone prestazioni e qualità del lavoro svolto.

PAROLE CHIAVE: residui, bioenergia, sradicatore, vigneto

Il ciclo produttivo di un vigneto di uva da vino dura in media dai 22 ai 28 anni, mentre per l'uva da tavola la durata scende a 20 anni (MORANDO *et al.* 2006); dopo questa soglia temporale i vigneti vanno incontro ad una fase produttiva decrescente che costringe l'espianto e il rimpiazzo delle viti.

La rimozione di un vigneto rappresenta quindi un'operazione necessaria anche se può essere costosa per porre il terreno nuovamente a coltura e mantenere dei livelli di produttività competitivi. Generalmente l'espianto si effettua rimuovendo prima la parte epigea della pianta con attrezzature forestali e successivamente asportando le ceppaie con escavatori o macchinari specializzati come sradicatori. A differenza dei fusti legnosi, utilizzabili come legna da ardere, le ceppaie sono state considerate un rifiuto speciale da smaltire in discariche specializzate. Ciò ha comportato dei costi onerosi di smaltimento, che spesso sono stati evitati ricorrendo a pratiche illegali come la combustione a bordo campo o l'interramento.

Attualmente, i residui colturali come le ceppaie e le potature sono considerati uno scarto, ma è opportuno precisare che in questi ultimi anni tali residui stanno assumendo sempre più interesse in ambito bioenergetico sia nazionale che Europeo. Le politiche energetiche del nostro paese hanno infatti cominciato a valutare positivamente lo sfruttamento delle biomasse residuali, estendendo l'incentivazione per la produzione di energia dalle fonti rinnovabili anche per questo tipo di prodotto. Viene infatti inserita nell'evoluzione più recente della normativa (D.Lgs. 28/2011) la

dicitura biomassa "residuale", vincolata ai cicli produttivi di origine quali attività agricole, catene alimentari primarie e secondarie, utilizzazioni forestali, lavorazioni agroindustriali, ecosistema urbano (Foto 1). Emerge, quindi, una volon-



Foto 1 - Ceppaie residuali recuperate da un vigneto.

LUIGI PARI, CREA ING luigi.pari@crea.gov.it - ANTONIO SCARFONE, CREA ING antonio.scarfone@crea.gov.it
VINCENZO ALFANO, CREA ING vincenzo.alfano@crea.gov.it - ENRICO SANTANGELO, CREA ING enrico.santangelo@crea.gov.it

tà anche politica di premiare l'utilizzo dei sottoprodotti per usi energetici (CARRATÙ e RIVA 2013). Risulta quindi opportuno valutare dal punto di vista tecnologico se le ceppaie estratte potranno essere valorizzate come biomassa da energia. Questa possibilità è essenzialmente legata alla qualità del prodotto ottenuto ed ai costi necessari, costituiti dalle operazioni di espianco, raccolta e trasporto ed eventuale stoccaggio. Oltre al beneficio ambientale, il recupero di questa biomassa potrebbe quindi determinare per l'agricoltore un'opportunità di recupero parziale o totale degli oneri di espianco, come già sottolineato da studi precedenti (PICCHI e SPINELLI 2012).

In questo lavoro saranno illustrati i risultati preliminari di un'attività sperimentale che durerà fino ad Agosto 2016, sviluppata nell'ambito del Progetto di Ricerca SUSCACE, finalizzata a valutare la fattibilità del recupero delle ceppaie di vite per scopi energetici. In questa prima fase di studio sono state valutate le prestazioni e la qualità del lavoro svolto da uno sradicatore utilizzato per l'espianco di ceppaie di vite in piantagioni con caratteristiche differenti, presso l'azienda Galileo Vini, sita a Tezze di Vazzola (TV), assieme alla valutazione dei quantitativi di biomassa disponibili in due diversi sistemi colturali.

Lo studio è finalizzato a valutare l'efficienza della macchina, la quantità di biomassa ottenibile da un vigneto a fine

ciclo e il grado di pulizia del materiale estratto, individuando quindi anche i quantitativi di componente terrosa che viene caricata sul rimorchio dopo l'espianco.

MATERIALI E METODI

La prova ha avuto luogo in due appezzamenti di terreno di forma rettangolare, rispettivamente di superficie pari a 0,8 ha e 1,31 ha, di tessitura franco-limosa, di proprietà dell'azienda agricola biologica Galileo Vini, Vazzola (TV) (coordinate 45°48'23,44"N e 12°22'02,43"E). L'azienda Galileo Vini gestisce 85 ha di vigneti nel territorio trevigiano destinati alla produzione di vini e proseccchi biologici. Il terreno dove è stata svolta la prova è di tipo sabbioso-limoso, geologicamente di natura sedimentaria data la vicinanza al fiume Piave.

Caratteristiche della coltura espiancata

Il primo appezzamento di vigneto, messo a dimora nel 1989, era costituito da vitigni Chardonnay, Verduzzo e Cabernet allevati con sistema Bellussi con sesto d'impianto di 8 x 4 m e con 4 piante appaiate (1.250 piante ha⁻¹). Nel secondo appezzamento era presente una piantagione del 1987, vitigno Cabernet, con piante allevate a sistema GDC avente sesto di impianto di 4 x 1 m (2.500 piante ha⁻¹) (Figura 1).

Descrizione del cantiere di raccolta

Il cantiere di raccolta era costituito da un trattore Landini serie 6-175 (potenza di 166 cavalli) e dallo sradicatore La Cruz modello SR100, che effettuavano l'estrazione delle ceppaie, queste venivano poi raccolte e caricate manualmente su carro agricolo da due operatori. Lo sradicatore, costruito dalla Ditta Gottardo sas, e commercializzato dalla Ditta La Cruz S.r.l. di Oderzo (TV), può essere portato posteriormente da trattore gommata o cingolata e può essere utilizzato per l'estirpazione delle radici di colture frutticole (vite, melo, pero, susino ecc) o da biomassa (pioppo, eucalipto, robinia ecc) a fine ciclo.

Nella prova è stato utilizzato il modello SR 100 con larghezza di lavoro pari a 1 m (Foto 2). La macchina è costituita da un robusto telaio in ferro con spessore di 3 cm che porta due discissori a lama lunghi 0,75 m che si uniscono alla base ad una lama di taglio orizzontale a sezione triangolare, larga 1 m e profonda 0,4 m.

La macchina opera un taglio di una porzione rettangolare di terreno largo 0,94 m (distanza interna tra i discissori) e profonda in relazione alle necessità ed alla potenza disponibile.

Questa porzione di terreno scivola su 4 barre lunghe 2,4 m, incernierate sulla lama di taglio orizzontale ad una distanza l'una dall'altra di 23 cm, sollevandosi.

Le quattro barre sono mosse da un moto oscillatorio con un'escursione nella parte distale di 10 cm, alternate le une con le altre essendo appoggiate su perni di 5 cm di diametro, montati in modo sfalsato su dischi che ruotano nel senso opposto all'avanzamento della macchina. Sui dischi sono montati 6 denti lunghi 19 cm che effettuano, assieme alla vibrazione impressa dalle barre oscillanti, la



Figura 1 - Le frecce rosse indicano le ceppaie lungo la fila nel sistema GDC, mentre le frecce bianche indicano i punti lungo la fila in cui sono presenti le 4 ceppaie del Bellussi. In alto a sinistra un particolare delle 4 ceppaie appaiate tipiche del Bellussi.



Foto 2 - Sradicatore Gottardo modello SR 100.

separazione del terreno, che ricade sotto la macchina, dalla radice estratta che cade a terra alla fine delle barre. La rotazione dei dischi, e quindi l'oscillazione delle barre, è assicurata da un impianto meccanico. La presa di potenza è collegata ad un riduttore a scatola angolare che ripartisce il moto a due pignoni per il trasferimento della potenza attraverso catene oliate in continuo.

RISULTATI

Valutazione delle prestazioni della macchina e produzioni di biomassa

I tempi di raccolta sono stati rilevati secondo la metodologia ufficiale della Commission Internationale de l'Organisation Scientifique du Travail en Agriculture (C.I.O.S.T.A.) e le raccomandazioni dell'Associazione Italiana di Genio Rurale (A.I.G.R.) 3A R1, provvedendo a registrare su un apposito *software* sviluppato in ambiente Visual Basic i tempi necessari alle diverse operazioni durante la raccolta e ad eseguire le successive elaborazioni (BOLLU *et al.* 1987). Inoltre, il materiale estratto nei due campi sperimentali è stato pesato utilizzando una pesa aziendale. Pertanto, sulla base della superficie lavorata e della quantità di biomassa estratta, sono stati valutati i consumi anche in base alla resa ($l\ t^{-1}$).

In Tabella 1 vengono riassunti i risultati ottenuti. Dallo studio è emerso che la macchina ha operato con velocità operative simili sull'impianto Bellussi e GDC, rispettivamente $0,68\ m\ s^{-1}$ e $0,63\ m\ s^{-1}$, ma data la differenza di larghezza dell'interfila tra i due sistemi di allevamento, rispettivamente 8 m e 4 m, la capacità operativa è risultata logicamente pari a circa il doppio nell'impianto più rado, rispettivamente $1,8\ ha\ h^{-1}$ per il Bellussi e $0,88\ ha\ h^{-1}$ per il GDC.

Ragionevolmente, anche i consumi per ettaro registrati nella prova sul Bellussi risultano pari a circa la metà rispetto ai consumi registrati nel GDC, rispettivamente $10,2\ l\ ha^{-1}$ contro $21,6\ l\ ha^{-1}$. Ma poiché la produzione ad ettaro di radici estratte nell'impianto Bellussi risulta essere circa la metà di quella estratta nell'impianto GDC rispettivamente $4,9\ t\ ha^{-1}$ e $10,6\ t\ ha^{-1}$, in quanto il numero di piante ad ettaro è la metà, rispettivamente 1.250 e 2.500, i consumi riferiti alla tonnellata di biomassa estratta sono molto simili, rispettivamente $2,08\ l\ t^{-1}$ nel Bellussi e $2,2\ l\ t^{-1}$ nel GDC.

Risulta chiaro quindi che le prestazioni della macchina sono influenzate essenzialmente dalla distanza tra le file e solo in maniera limitata dal fatto di aver operato estraendo 4 piante alla volta nell'impianto Bellussi rispetto alla pianta singola dell'impianto GDC.

Qualità del lavoro svolto

La macchina ha operato estraendo il 100% delle radici presenti, ed il caricamento delle radici estratte è stato effettuato manualmente, la qualità del lavoro svolta è stata quindi finalizzata a valutare il quantitativo di terra rimasta adesa alle radici rimosse, non distaccata cioè dal sistema di scuotimento. Questo dato è stato verificato su 40 ceppaie campione, di cui 20 prelevate dal vigneto Bellussi e 20 dal vigneto allevato a GDC.

Le ceppaie sono state pesate subito dopo l'estrazione (sporche) e ripesate dopo un lavaggio effettuato a bordo campo (pulite) con idropulitrice. Nei grafici 1 e 2 vengono mostrate le percentuali di terra riscontrate rispettivamente nelle ceppaie di vite allevate con sistema Bellussi e GDC. Dai risultati dello studio è emerso che le ceppaie estratte dal vigneto allevato con sistema Bellussi avevano un quantitativo di terra inferiore (in media 6,6%) rispetto a quelle estratte dal vigneto allevato a GDC (media 8,8%). Il quantitativo di terra medio considerando i due diversi sistemi di impianti è risultato essere del 7,5% con una deviazione standard del 3,7%.

	Bellussi	GDC
Operatività		
Velocità effettiva ($m\ s^{-1}$)	0,73	0,71
Velocità operativa ($m\ s^{-1}$)	0,68	0,63
Lunghezza totale delle file (m)	1775	2049
Rendimento operativo	93,4%	88%
Capacità di lavoro effettiva ($ha\ h^{-1}$)	1,92	1
Capacità di lavoro operativa ($ha\ h^{-1}$)	1,8	0,88
Numero piante (ha)	1.250	2.500
Produzione oraria operativa ($t\ h^{-1}$)	8,9	9,3
Biomassa disponibile		
Superficie lavorata (ha)	1,31	0,8
Biomassa estratta (t)	6,5	8,5
Biomassa per ettaro ($t\ ha^{-1}$)	4,9	10,6
Consumo combustibile		
Consumo ($l\ t^{-1}$)	2,08	2,2
Consumo ($l\ ha^{-1}$)	10,2	21
Consumo ($l\ h^{-1}$)	18,4	18,5

Tabella 1 - Prestazioni, rese e consumi nei due espianti esaminati.

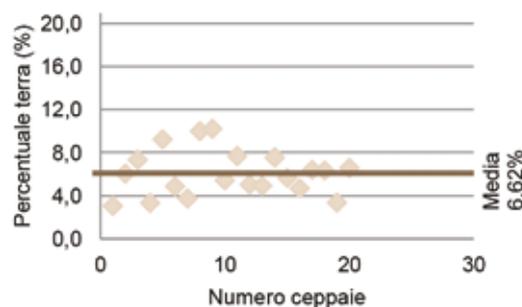


Grafico 1 - Sistema Bellussi - percentuale di terra rimasta sulle ceppaie di vite estratte dalla macchina.

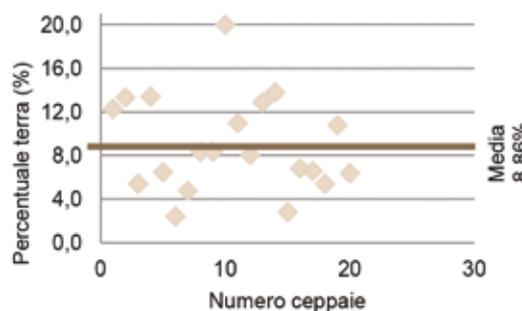


Grafico 2 - Sistema GDC - percentuale di terra rimasta sulle ceppaie di vite estratte dalla macchina.

CONCLUSIONI

Il presente lavoro ha mostrato le prestazioni e la qualità del lavoro svolto dello sradicatore La Cruz in vigneti con differenti caratteristiche d'impianto. In entrambe le tesi, la macchina ha mostrato avere delle prestazioni ed una produzione oraria di estremo interesse.

La possibilità di ottenere 9 t h⁻¹ di prodotto con una percentuale di terreno adeso molto limitata deve far pensare alla possibilità di valorizzare energeticamente questi scarti. Difatti, considerando gli attuali costi della biomassa (il cippato ha un costo variabile dai 30 ai 50 € t⁻¹) la vendita di tale prodotto per scopi energetici, oltre al beneficio ambientale, potrebbe rappresentare un valido sistema per fare sì che questa onerosa operazione di fine ciclo possa generare un ulteriore reddito.

Sono attualmente in corso studi sullo stoccaggio all'aperto in cumuli delle ceppaie raccolte al fine di valutare sia gli eventuali fenomeni fermentativi che la eventuale ulteriore distacco di terra adesa ad opera degli eventi atmosferici. Difatti tale parametro, determinando la percentuale di cenere in combustione, influisce sulla qualità del prodotto, e quindi sul prezzo ottenibile.

È da sottolineare che la prova è stata condotta in terreni franco-limosi e che quindi il sistema di scuotimento della macchina ha potuto operare in maniera ottimale, in altre condizioni, come per esempio operando su terreni argillosi, è prevedibile che il sistema di scuotimento non possa permettere il raggiungimento della stessa qualità del prodotto.

Bibliografia

BARONTINI M., SCARFONE A., PICCHI G., SPINELLI R., GALLUCCI F., PARI L., 2013 - **Sradicatore Gottardo SR 500 HT al lavoro su ceppaie di pero**. Energia Rinnovabile, supplemento a L'Informatore Agrario, n. 35: 25-27.

BOLLI P., SCOTTON M., 1987 - **Lineamenti di tecnica della meccanizzazione agricola**. Edagricole.

CARRATÙ L., RIVA G., 2013 - **Inquadramento legislativo e aspetti legati all'impiego energetico**. Atti de "I Sottoprodotti Agroforestali e Industriali a Base Rinnovabile", Ancona, 26-27 Settembre 2013. Vol. 1 - I sottoprodotti di interesse del D.M. 6.7.2012 - Inquadramento, potenzialità e valutazioni. www.extravalore.it

MORANDO A., LAVEZZARO S., GALLESIO G., 2006 - **Manutenzione del Vigneto**. Speciale L'informatore agrario, 28, pp 48-59.

PICCHI G., SPINELLI R., 2012 - **Sradicatore Gottardo all'opera per fare biomassa da espianti**. Supplemento Energia rinnovabile, n. 40 pag. 27.

KEYWORDS: residues, bio-energy, stump-puller, vineyard

Abstract: The removal of end-cycle vineyards. Performance and work quality of a stump puller.

The productive cycle of a vineyard varies from 20 to 30 years according to type of grape to be produced. The lifetime of a vineyard that produce table grapes is around 20 years, while that of vineyards for wine production is generally between 22 and 28 years. After their period, the vineyard must be removed in order to replant the unproductive plants with new ones. Therefore, the eradication of a vineyard represent a costly but mandatory operation to reestablish the pre-planting soil conditions and to maintain competitive the levels of productivity. Currently, the agricultural residues such as tree stumps and pruning represent a residue to be disposed according to specific regulations. However these residues in last years are assuming great interest in the field of bio-energy production. Hence, it will be interesting to evaluate if the stumps extracted from a vineyard can be utilized to produce bio-energy. This possibility is strictly linked to product quality and cost of production including extraction operations, collection from the field, storage and delivery to the power plant. In this regard, this study aimed at evaluating the performance and the work quality of a stump-puller working in two vineyards with different training systems. The efficiency of extraction, the degree of product cleanliness and the amount of biomass available per hectare will be assessed and reported for each type of vine training system.

Efficienza di sistemi agevolatori nella raccolta dei frutti di *Jatropha*

di LUIGI PARI, ALESSANDRO SUARDI, ENRICO SANTANGELO

Sistemi semi-meccanici di raccolta dell'olivo possono essere adattati alla raccolta della *Jatropha curcas*, L.. La forma dei rastrelli e la velocità di battitura influenzano la qualità del lavoro.

PAROLE CHIAVE: *Jatropha*, raccolta, maturazione

La *Jatropha* (*Jatropha curcas* L.) è una pianta arbustiva alta fino a 5 m appartenente alle Euforbiacee nativa dell'America centrale e parte del Sud America. Il range di temperatura ottimale variabile da 20 a 28°C e l'apparato radicale profondo ne permettono la coltivazione negli ambienti semiaridi delle regioni tropicali e sub-tropicali (30°N and 35°S) (BRITTAINE e LUTALADIO 2010). I frutti sono delle capsule con semi oleosi contenenti circa 30-35% di olio. Quest'ultimo contiene circa il 47% di grassi. La componente di acidi grassi saturi è composta principalmente da acido palmitico (14,1%) e stearico (6,7%), mentre gli acidi grassi insaturi sono rappresentati soprattutto da acido oleico (47,0%) e linoleico (31,6%). Una simile composizione conferisce proprietà essiccative che lo rende un efficiente materia prima per la produzione di biodiesel (KUMAR e SHARMA 2008). In virtù della capacità della *Jatropha* di svilupparsi in ambienti marginali con bassi livelli di input associata alla potenziale utilizzazione dell'olio per scopi industriali ha attirato l'interesse per la coltura con particolare riferimento ai paesi in via di sviluppo (BRITTAINE e LUTALADIO 2010).

La maturazione dei frutti (capsule) di *Jatropha* è scalare (Foto 1) con presenza contemporanea all'interno della stessa infruttescenza di frutti a diverso stadio fisiologico manifestato esteriormente da una colorazione variabile da verde a completamente nera (SILVA *et al.* 2012). Mutando la fisiologia del frutto, si assiste conseguentemente ad un aumento del peso del seme, alla progressiva riduzione del contenuto di umidità e al progressivo incremento del

contenuto di olio (ANNARAO *et al.* 2008). Dal punto di vista pratico ciò si traduce in una difficoltà oggettiva nell'individuazione sia del momento di raccolta più favorevole ai fini della massimizzazione del contenuto in olio sia della metodologia di raccolta più efficiente. Quest'ultimo aspetto è



Foto 1 - Infruttescenza di *Jatropha* in fase di viraggio in cui sono presenti frutti a diverso stadio di maturazione.

LUIGI PARI, CREA ING luigi.pari@crea.gov.it - ALESSANDRO SUARDI, CREA ING alessandro.suardi@crea.gov.it
ENRICO SANTANGELO, CREA ING enrico.santangelo@crea.gov.it

particolarmente sensibile proprio in considerazione della crescente diffusione della coltura nei paesi in via di sviluppo. In queste zone la raccolta viene effettuata tradizionalmente a mano, spesso con l'aiuto di aste per raggiungere le parti più alte. L'utilizzazione di macchine semoventi che permettono la meccanizzazione integrale della raccolta (PARI *et al.* 2014) seppur fattibile appare difficilmente proponibile in tali Paesi in cui è particolarmente importante salvaguardare l'aspetto socio-economico del settore agricolo. Allo scopo di migliorare l'efficienza (e, quindi, la redditività della coltura) garantendo al tempo stesso la sostenibilità economica della fase di raccolta, il CREA-ING, nell'ambito del progetto dimostrativo europeo "JatroMed - Evaluation of the energy crop *Jatropha curcas* as a mean to promote renewable and sustainable energy for the Mediterranean region" (www.jatromed.aua.gr) (PAPAZOGLU *et al.* 2014), ha studiato l'impiego di agevolatori in grado di consentire la raccolta selettiva dei frutti. Il presente lavoro illustra i risultati di una prima sperimentazione effettuata in Marocco utilizzando abbacchiatori pneumatici impiegati per la raccolte delle olive, al fine di verificare come la forma del rastrello e l'intensità di battitura influenzi la selettività di raccolta.

MATERIALI E METODI

Le prove sono state condotte nell'ottobre del 2014 a Essaouira (Marocco) nei campi dimostrativi del Centre de Développement de la Région de Tensift di Marrakesh, partner del progetto JatroMed (PAPAZOGLU *et al.* 2014). Lo studio è stato effettuato su piante di 2 anni dei genotipi QVP, JCL Max, Mali e Michoacan. Per la raccolta è stato utilizzato un abbacchiatore pneumatico per olive della ditta LISAM. L'abbacchiatore veniva azionato da un compressore con motore a benzina che, grazie alla portata dell'aria compressa era in grado di alimentare almeno 3 rastrelli contemporaneamente. Il confronto ha riguardato tre tipi di rastrello (R1 = mod. Mg, R2 = mod. V8, R3 = mod. Pirata, Foto 2) e due intensità di scuotimento (pressioni S1 = 2 bar e S2 = 8 bar).

Il primo modello estremamente leggero e realizzato in titanio e magnesio, può raggiungere i 1.800 battiti al minuto ed essendo dotato di punte arrotondate minimizza i danni alle piante durante la raccolta. Il rastrello R2 è concettualmente simile al primo e quindi anch'esso estremamente maneggevole e leggero. Può raggiungere i 2.000 battiti al

minuto e ad una elevata velocità di battitura può causare maggiori danni alle foglie di *Jatropha* a causa delle estremità non arrotondate. L'ultimo modello invece presenta una struttura diversa basata su 4 elementi battitori che si muovono all'unisono. Le estremità del rastrello modello Pirata risultano le stesse del modello Mg.

Lo studio è stato suddiviso in due prove complementari. La prima è stata condotta sul genotipo Michoacán ed aveva lo scopo di identificare la combinazione rastrello/pressione in grado di consentire un abbattimento selettivo (maggiore numero di frutti maturi rispetto agli immaturi). A tale scopo è stato adottato un disegno sperimentale a split-plot a due fattori, in cui il fattore principale era il tipo di rastrello ed il fattore secondario la pressione (fattore che influenza la velocità di scuotimento). Per ogni trattamento sono state effettuate 5 repliche costituite da 5 infruttescenze in fase di viraggio (Foto 1), in cui erano presenti frutti a diverso stadio di maturazione. Ai fini di una standardizzazione dei rilievi, i frutti presenti sull'infruttescenza sono stati distinti in 3 stadi di maturazione in funzione della colorazione del frutto: verde, gialla, nera (queste ultime due considerate classi di frutti maturi). In questa prima prova è stato inoltre rilevato il numero di foglie cadute e/o rotte durante la raccolta. Questo parametro è stato ritenuto indicativo del grado di danneggiamento indotto dall'azione combinata del tipo di rastrello e dell'intensità applicata.

Una volta individuata la combinazione ritenuta più selettiva, è stata effettuata una seconda prova applicando la suddetta combinazione alle piante degli altri tre genotipi presenti (QVP, JCL Max, e Mali). Per ogni genotipo sono state raccolte 5 infruttescenze con le stesse modalità indicate per la precedente prova.

In entrambe le prove sono stati rilevati: numero di frutti presenti sull'infruttescenza distinti per classe di maturazione; numero e peso dei frutti caduti; numero e peso dei frutti non caduti; forza di distacco (FDF, *Fruit Detachment Force*) dei frutti non caduti.

Il peso è stato rilevato per singolo frutto utilizzando una bilancia di precisione; la FDF (espressa in Newton) è stata determinata utilizzando un dinamometro analogico da 50N della ditta Pesola.

RISULTATI

Nel corso delle prove sono state trattate complessivamente 45 infruttescenze per un totale di 159 frutti. I rilievi effet-



Foto 2 - Tipi di rastrello utilizzati durante le prove. A) R1 = mod. Mg; B) R2 = mod. V8; C) R3 = mod. Pirata (www.lisam.it).

tuati sul numero e sullo stadio di maturazione degli stessi hanno confermato la scalarità di maturazione della coltura con presenza contemporanea di frutti a diverso stadio di maturazione, evidenziando altresì anche una variabilità intervarietale nella distribuzione dei frutti. In QVP, JCL Max, Mali e Michoacan erano presenti rispettivamente 84%, 100%, 62% e 67% di frutti maturi.

Passando da JCL Max a Mali la percentuale di frutti neri (maturi) si riduce dall'80 al 33% mentre aumenta la proporzione di frutti verdi da 0 al 38%. Questo primo dato fornisce una prima indicazione di come possa risultare complessa l'individuazione di una metodologia di raccolta selettiva che consenta il prelievo dei soli frutti maturi neri (a più alto contenuto di olio) che lasci sulla pianta quelli che devono completare la maturazione. La variabilità intervarietale osservata potrebbe poi aumentare ancora nel caso in cui cambino le condizioni ambientali. Nell'ambito del progetto JatroMed sono state costituite piantagioni di *Jatropha* anche in Algeria ed Egitto dove verosimilmente i medesimi genotipi potrebbero comportarsi in maniera diversa.

Un altro aspetto importante riferito alla raccolta con sistemi agevolatori riguarda il peso dei frutti. Le capsule ancora immature risultano mediamente più pesanti rispetto ai frutti neri più disidratati, ma anche in questo caso esiste una certa variabilità sia tra i genotipi sia all'interno dello stesso genotipo (es. Mali).

Ai fini di una più chiara visualizzazione dei risultati relativi al confronto tra le diverse combinazioni "tipo di rastrello" (R) per "intensità di scuotimento" (S), i frutti verdi sono stati considerati nella classe "frutti immaturi" e quelli gialli e neri sono stati identificati nella classe comune "maturi". Dalle prove effettuate sul genotipo Michoacan è emerso che tutte le combinazioni R-S permettevano la raccolta completa dei frutti maturi. La selettività del trattamento veniva valutata considerando sia l'efficienza di raccolta dei maturi sia dalla capacità di limitare la caduta di frutti immaturi o di lasciare la maggior parte degli immaturi sulla pianta. Da questo punto di vista, la combinazione R1-S2 si è rivelata la meno interessante in quanto determinava la caduta di tutti i frutti immaturi. Apparentemente il trattamento R3-S2 consentiva il mantenimento sulla pianta del maggior numero di immaturi. Comunque, per la scelta della combinazione da utilizzare su più genotipi è stato considerato anche il numero di foglie cadute/rotte durante lo scuotimento dell'infruttescenza, cercando di individuare il miglior compromesso tra efficienza della raccolta e danneggiamento della pianta. Dai dati ottenuti (Grafico 1), si è osservato che il grado di "disturbo" arrecato era nullo solo per la combinazione R1-S1 che quindi è stata adottata per l'esecuzione della prova sui restanti 3 genotipi (QVP, JCL Max e Mali).

L'impiego della combinazione R1-S1 ha determinato anche nei diversi genotipi la caduta di tutti i frutti maturi presenti nelle infruttescenze trattate, dimostrandosi quindi idonea per la raccolta dei frutti neri maturi (Grafico 2). Per i genotipi QVP e JCL Max il sistema non si è rivelato particolarmente selettivo in quanto non in grado di impedire la

caduta dei frutti immaturi. Quest'ultimo dato va però analizzato alla luce di quelle che possono essere le differenze genetiche che influenzano l'andamento temporale della maturazione. Come già detto precedentemente la classe dei frutti maturi in QVP e JCL Max raggiungeva l'80% di tutti i frutti presenti. Dove la distribuzione delle classi di maturazione era più equilibrata (Mali e Michoacán) la combinazione R1-S1 presentava una certa selettività per ciò che concerne gli immaturi. Un aspetto interessante riguarda la differenza nella percentuale di frutti immaturi caduti in quanto il dato osservato in Mali e in Michoacán appare in relazione diretta con la FDF rilevata sui frutti rimasti attaccati. Quest'ultima è risultata infatti maggiore per Mali (18,4 N/frutto) rispetto a quella determinata per Michoacán (15,5 N/frutto).

CONCLUSIONI

Il sistema di raccolta con agevolatori appare idoneo per la raccolta della *Jatropha* e soprattutto proponibile nelle coltivazioni dei paesi in via di sviluppo (come ad es. i paesi nord africani del Mediterraneo). Il sistema di raccolta semi-meccanizzato permette un miglioramento dell'efficienza rispetto alla raccolta manuale limitando al contempo l'intensificazione colturale e l'impatto negativo che potrebbe avere sul tessuto socio-economico l'adozione di sistemi

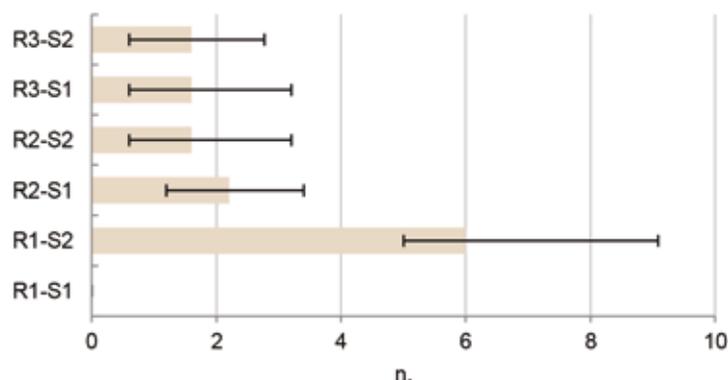


Grafico 1 - Numero di foglie cadute/rotte causato dall'applicazione dei diversi trattamenti a confronto (var. Michoacan). Le barre orizzontali rappresentano l'errore standard.

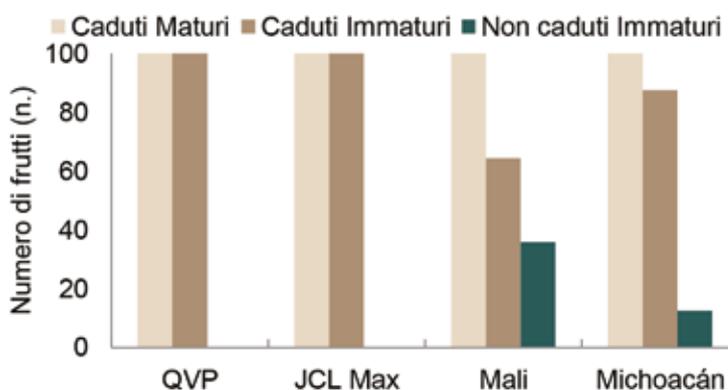


Grafico 2 - Percentuale di frutti caduti e non caduti distinti per classe di maturazione (var. Michoacan). La singola percentuale è stata calcolata sul totale della classe.

completamente meccanizzati.

Con l'uso degli agevolatori, gli investimenti richiesti sono contenuti e le operazioni di manutenzione e riparazione dell'attrezzatura necessaria risultano molto limitate. Gli abbacchiatori sono adattabili a qualsiasi sesto di impianto e grado di intensità colturale permettendo una riduzione del carico di lavoro. In base alle prime stime, si può ottenere un incremento orario quintuplicato se comparato alla raccolta manuale della *Jatropha*. Il rastrello, inoltre, può essere sostituito da altre componenti (seghe o forbici) utili anche per agevolare la potatura.

Ciononostante il sistema necessita di ulteriori miglioramenti. Questi sono legati in parte alla miglior comprensione della fisiologia della pianta e del processo di maturazione, il quale può richiedere tempistiche diverse in funzione dei genotipi e delle condizioni ambientali in cui si opera.

Un secondo aspetto che richiede attenzione è il miglioramento della selettività della combinazione R-S al fine di permettere una raccolta quanto più possibile mirata. In questo senso anche gli studi attualmente in corso nell'ambito del progetto JatroMed, riguardanti le rese dell'olio estratto da semi contenuti in frutti con diverse fasi di maturazione, forniranno un valido ausilio per definire meglio quale debba essere il minimo livello di selettività necessario ad assicurare la sostenibilità economica dell'operazione.

Bibliografia

ANNARAO S., SIDHU O.P., ROY R., TULI R., KHETRAPAL C.L., 2008 - **Lipid profiling of developing *Jatropha curcas* L. seeds using ¹H NMR spectroscopy**. *Bioresource technology*, 99(18), 9032-9035.

BRITTAINE R., LUTALADIO N., 2010 - ***Jatropha*: a smallholder bioenergy crop: the potential for pro-poor development (Vol. 8)**. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

KUMAR A., SHARMA S., 2008 - **An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): a review**. *Industrial crops and products*, 28(1), 1-10.

PARI L., SUARDI A., SCARFONE A., SANTANGELO E., 2014 - **State of art of *Jatropha curcas* L. harvesting Methods**. In: *Proceedings of the 22nd European Biomass Conference and Exhibition*, 23-26 June 2014, Hamburg, Germany. pp. 298-302

SILVA L.J.D., DIAS D.C.F.D.S., MILAGRES C.D.C., DIAS L.A.D.S., 2012 - **Relationship between fruit maturation stage and physiological quality of physic nut (*Jatropha curcas* L.) seeds**. *Ciência e Agro- tecnologia*, 36(1), 39-44.

PAPAZOGLU E.G., KOSMADAKIS G., SERELIS K.G., AIT BABAHMAD R., OUHAMMOU A., OUTZOURHIT A., RASHAD M., SADI A., BOUHDJAR A., SUARDI A., PARI L. 2014 - ***Jatropha curcas* cultivation in North African countries: the case study of the JatroMed project**. In *proceeding: 22nd European Biomass Conference and Exhibition*. pp. 91-96.

KEYWORDS: Physic nut, Harvesting, ripening

Abstract: Efficiency of systems for facilitating the harvesting of *Jatropha* fruits. *Jatropha curcas* L. is an oleaginous crop native of Central America and part of South America. Since the seeds contain till 40% in oil, *Jatropha* can be used as feedstock for biodiesel production. However, the harvesting of its fruits presents several problems, because they are in bunches and do not ripen simultaneously, making difficult the mechanical harvest. Within the JatroMed project CREA ING proposed a semi-mechanical harvesting approach. The study carried out in Morocco in 2014 was aimed at to analyze the feasibility of the harvesting method and to evaluate the efficiency of different combinations type of rake/beating speed. The study allowed to gain valuable insights about the degree of "selectivity" of the combinations in the harvesting of ripen and unripe fruits.

La raccolta delle colture da energia nei Paesi in via di sviluppo

Il caso di Cuba

di LUIGI PARI, ALESSANDRO SUARDI, VINCENZO ALFANO

I sistemi semi-meccanizzati di raccolta della *Jatropha curcas* possono essere la risposta al futuro aumento del salario minimo, assicurando maggiori performance e costi ridotti.

PAROLE CHIAVE: raccolta, *Jatropha*, costi

La *Jatropha curcas* (L.) è una pianta non utilizzabile per il consumo umano o animale per la presenza di tossine (tranne per un genotipo Messicano denominato piñón manso - mild peanut), non compete quindi con le colture alimentari ed è molto interessante per la possibilità di produrre biocombustibili in terreni marginali. (Foto 1).

L'elevata manodopera necessaria per la raccolta dei frutti di *Jatropha* è uno degli elementi che limita la coltivazione di questa interessante coltura. Difatti la maturazione dei frutti è scalare, e poiché il contenuto di olio è in relazione con lo stato di avanzamento della maturazione (Foto 2), la raccolta deve essere periodica e selettiva al fine di ridurre al minimo le perdite. I frutti di *Jatropha* possono essere raccolti utilizzando tre diversi sistemi: manuale, semi-meccanizzato e completamente meccanizzato.

La raccolta manuale del frutto è stata considerata da sempre l'unico metodo utilizzabile e, certamente, oggi rimane il metodo di raccolta più diffuso. I frutti di *Jatropha* vengono raccolti a mano o percuotendo i rami ed i grappoli più alti attraverso l'impiego di bastoni. Come già accennato, la raccolta incide notevolmente sui costi di produzione dell'olio di *Jatropha* e, in presenza di grandi impianti, il metodo di raccolta manuale risulterà in genere economicamente meno sostenibile, e applicabile solo a piccole superfici. Questo sarà vero soprattutto in presenza di basse rese come per i terreni marginali. Proprio la resa ad ettaro è un noto fattore di incertezza per la *Jatropha*, e può subire oscillazioni anche importanti al variare delle condizioni pedo-climatiche e della tecnica colturale adottata, con conseguenti ripercussioni nell'organizzazione del lavoro e

nel reperimento della manodopera necessaria (soprattutto in paesi con salari minimi più bassi).

Al contrario, un sistema completamente meccanizzato può garantire una raccolta continuativa aumentando l'efficienza operativa e migliorando le condizioni di lavoro; inoltre, la raccolta completamente meccanizzata permette di tenere sotto controllo i costi. Certamente tale sistema



Foto 1 - Grappolo di frutti di *Jatropha curcas* L. (fonte: CREA-ING).

LUIGI PARI, CREA ING luigi.pari@crea.gov.it - ALESSANDRO SUARDI, CREA ING alessandro.suardi@crea.gov.it
VINCENZO ALFANO, CREA ING vincenzo.alfano@crea.gov.it



Foto 2 - Stadi di maturazione della *Jatropha curcas* L.. A) verde; B) verde-giallo; C) giallo; D) giallo-marrone; E) marrone (fonte: SILVA et al. 2012).

richiede grandi investimenti spesso non sostenibili per i Paesi in via di sviluppo (PVS). La disponibilità finanziaria degli agricoltori in questi paesi è molto limitata, e grandi investimenti per l'acquisto di macchinari sofisticati, nonché per la loro manutenzione, non sarebbe economicamente sostenibile. Il sistema di raccolta semi-meccanizzato infine risulta essere un buon compromesso tra i due sistemi. Sul mercato esistono numerosi dispositivi con forme e funzioni diverse, che nel bacino del Mediterraneo sono utilizzati essenzialmente per la raccolta dell'olivo. Questi sistemi agevolatori della raccolta provocano la caduta dei frutti attraverso scuotimento o battitura diretta dei rami o dei frutti. Possono essere alimentati da motori elettrici, a benzina o da sistemi pneumatici. Tra sistemi scuotitori e battitori, questi ultimi, sebbene meno selettivi, possono assicurare una raccolta più veloce e agevole per i raccoglitori. Inoltre richiedono un basso investimento iniziale, poca manutenzione, sono leggeri e maneggevoli, permettono di ottenere migliori performance rispetto alla raccolta manuale e possono essere utilizzati anche per la raccolta di altre colture (come olivi, argan, jojoba, caffè), con una conseguente riduzione dei costi di ammortamento dello strumento. Nell'ambito del Progetto JatroMed, finanziato dall'Unione Europea attraverso il Programma EuropeAid (www.jatromed.aua.gr) il CREA ING ha testato in Marocco il sistema di raccolta semi-meccanizzato sui frutti di *Jatropha* al fine di velocizzare la raccolta riducendo i costi. Tale sistema è stato considerato particolarmente interessante dal coordinatore del Progetto di ricerca Biomass Cuba, (<http://biomascuba.ihatuey.cu>) che prevede la coltivazione su larga scala della *Jatropha* a Cuba per la produzione di biocombustibili. Nell'ambito di accordi tra Italia ed i Paesi Latini Americani, si sta provvedendo all'introduzione di questi sistemi agevolatori alla raccolta che tuttora viene fatta solo manualmente. L'introduzione di sistemi meccanici nei Paesi in via di Sviluppo tuttavia richiedono un'attenta valutazione delle implicazioni sociali, economiche e ambientali che possono derivarne. In questo lavoro è stato effettuato un confronto dei costi di raccolta manuale, semi-meccanizzata e completamente meccanizzata, al fine di valutare la convenienza economica risultante dall'impiego di sistemi agevolatori di raccolta, in Paesi con bassi costi della manodopera, tenendo anche in considerazione futuri aumenti del salario minimo.

MATERIALI E METODI

Il costo di raccolta manuale della *Jatropha*, in bibliografia, non è del tutto chiaro, tra le tante esperienze di coltivazione della *Jatropha* riportate in diversi Paesi, la definizione di raccolta non risulta sempre ben definita. Spesso si considera la sola fase di distacco dei frutti dagli alberi mentre in altri casi anche l'insaccamento dopo l'essiccazione degli stessi in azienda. In alcuni casi addirittura nella raccolta viene considerato il trasporto al frantoio. Per quanto riguarda le quantità prodotte, non è sempre chiaro se si stia parlando di semi secchi, freschi o di frutti.

Per tale ragione si è provveduto a valutare direttamente tale costo, effettuando prove sperimentali di raccolta manuale a Cuba, nel novembre 2015, in collaborazione con la Estación Experimental "Indio Hatuey", Universidad de Matanzas con la quale è stato attivato un accordo di collaborazione tra i coordinatori dei due Progetti di ricerca sulle agro energie (www.gruppo-panacea.it). Nel presente lavoro la fase di raccolta è costituita dalla sola bacchiatura dei frutti in campo.

La prova

A Cuba la *Jatropha* viene coltivata in consociazione con colture alimentari permettendo di produrre energia e cibo dai medesimi terreni. Per questo i sestri d'impianto variano da 2,5 x 3 m (1.333 piante/ha) a 2,5 x 8 m (500 piante/ha). Le principali colture agricole consociate sono i fagioli, la soia, gli arachidi, il mais, la yucca, il sorgo ed il riso.

I primi test sono stati effettuati in cinque località caratterizzate da alberi di *Jatropha* di età compresa tra i 3 ed i 5 anni, aventi diversi sistemi di consociazione ma medesimo genotipo di *Jatropha* impiantato (Capo Verde) (Tabella 1). Sono stati misurati i tempi necessari ad un operatore per raccogliere i frutti di 15 alberi individuati secondo uno schema randomizzato. Successivamente i frutti sono stati pesati attraverso una bilancia digitale.

I dati relativi alla raccolta semi-meccanizzata utilizzati in questo studio, sono invece quelli ottenuti durante i test effettuati nell'ambito del progetto Europeo JatroMed, in cui il CREA ING è partner (www.jatromed.aua.gr). Questi test sono stati condotti nel settembre del 2015 vicino Agadir (Marocco), presso i campi di *Jatropha* della Foundation du Sud (www.fondationsud.org), una ONG locale fondata nel 2004. Le piante di genotipo "Mali" irrigate a goccia,

erano disposte in file distanti 2 m, per una densità di 1675 piante ha⁻¹. Il test è stato effettuato attraverso l'impiego di due bacchiatori alimentati con aria compressa generata da un compressore LM 600/30 della ditta Lisam, con motore di 6,5 hp, una capacità del serbatoio dell'aria di 11+11 litri e una pressione massima di 9-11 bar.

Per determinare i costi operativi del sistema di raccolta semi-meccanizzato è stato considerato un deprezzamento lineare per un tempo di vita utile di 2500 ore, e degli interessi del 4%. I costi di carburante sono stati calcolati partendo dai consumi misurati in campo di 0,7 l h⁻¹ per un costo del carburante di 0,89 € l⁻¹.

Infine, i costi della raccolta manuale e semi meccanizzata sono stati messi a confronto anche con quelli di una raccolta completamente meccanizzata. Alcune aziende hanno già messo in commercio delle macchine semoventi, derivate da macchine da raccolta dell'uva e del caffè, adattate per la raccolta della Jatropha. Tra queste, per il presente studio è stata scelta la Korvan 9240, una semovente sviluppata dall'americana OXBO Int. Corp., basata sui principi costruttivi del modello Korvan 9200 impiegato per la raccolta del caffè. Durante l'avanzamento della macchina gli alberi di Jatropha vengono percossi da scuotitori orizzontali che permettono la caduta dei frutti e il loro stoccaggio all'interno di un container con una capienza di 500 kg (Oxbo, 2014). Nel calcolo è stata considerata una capacità operativa media di 0,38 ha h⁻¹ (0,15 - 0,6 ha h⁻¹) e un consumo di combustibile medio di 10,5 l h⁻¹ (9-12 l h⁻¹) (Oxbo, 2014) (Foto 3). Per determinare i costi operativi del sistema di raccolta completamente meccanizzato è stato considerato un deprezzamento lineare per un tempo di vita utile di 8.000 ore (8 anni), e degli interessi del 4%.

Il salario di un bracciante agricolo Cubano è attualmente di circa 700 pesos cubani al mese (700 CUP = 28 EUR). Considerando 24 giorni di lavoro mensili per 8 ore al giorno, il costo orario per un raccoglitore risulta essere di 3,64

CUP all'ora (0,15 € h⁻¹). Nel caso della raccolta semi-meccanizzata si sono considerati quattro raccoglitori (due con i bacchiatori e due per la gestione delle reti sotto gli alberi), mentre nel caso della raccolta completamente meccanizzata è stato considerato il salario del solo guidatore della raccoglitrice. Dallo studio dei tempi è stato possibile ottenere la quantità di frutti di Jatropha raccolti all'ora da ogni sistema di raccolta. Il confronto dell'economicità dei metodi di raccolta è stato effettuato ipotizzando un futuro aumento del salario minimo dall'attuale 0,15 € h⁻¹ fino a 9,00 € h⁻¹. In ultima analisi si è potuto così individuare il costo della manodopera oltre il quale i vari metodi di raccolta risulteranno più convenienti.

RISULTATI

Il costo della raccolta manuale della Jatropha ed incide per oltre il 30% sui costi totali di produzione (PUTTEN *et al.* 2009), e può variare in relazione a vari parametri quali la resa su unità di superficie, la lunghezza della stagione produttiva, il numero di volte di accesso al campo e le caratteristiche della coltura (facilità nel raggiungere i frutti). Sicuramente anche la capacità operativa della raccolta incide notevolmente sui costi. Esistono infatti diverse esperienze di raccolta della Jatropha dove risulta chiaro che la capacità di raccolta manuale (kg frutti h⁻¹) può variare considerevolmente da Paese a Paese (Tabella 2).

Alcuni dati particolarmente bassi possono essere dovuti a piantagioni con basso rendimento, dove la bassa densità dei frutti o la presenza di piante alte con frutti difficilmente raggiungibili, può aver comportato un aumento dei tempi accessori. Sicuramente la gestione delle piantagioni possono influenzare sulle performance di raccolta (potatura annuale, pulizia del suolo dalle infestanti, scelta della forma di allevamento più idonea). Da letteratura, in piantagioni "mal gestite", in cui si ha un basso rendimento, si possono raccogliere dai 20 ai 30 kg di seme per persona al giorno,



Foto 3 - OXBO Int. Corp. - Mod. Korvan 9240 Jatropha Harvester (fonte: www.oxbocorp.com)

Sesto d'impianto (m x m)	Numero di piante raccolte (n)	Sup. interessata dai test (ha)	Produttività (t ha ⁻¹)
2,5x4	15	0,0150	1,81
2,5X5	15	0,0187	1,61
2,5x6	15	0,0225	1,61
2,5X7	15	0,0225	1,92
2,5X8	15	0,0300	1,50

Tabella 1 - Caratteristiche dei campi di Jatropha in cui sono stati effettuati i test.

	Frutti (kg h ⁻¹)	Frutti (kg giorno ⁻¹)	Semi (kg h ⁻¹)	Semi (kg giorno ⁻¹)
Nicaragua	30	240	18	144,0
Tanzania	10,0	80	6	48,0
India	13,3	107	8	64,0
Sudan	5,0	40	3	24,0
Indonesia	12,5	100	7,5	60,0
Congo	9,4	75	5,6	45,0
Brasile	10,0	80	6,0	48,0
Nicaragua	13,3	107	8,0	64,0
Honduras	8,3	67	5,0	40,0
Media	12,4	99,4	7,5	59,7

Tabella 2 - Prodotto raccolto da singolo raccoglitore (rielaborazione CREA-ING di PUTTEN *et al.* 2009).

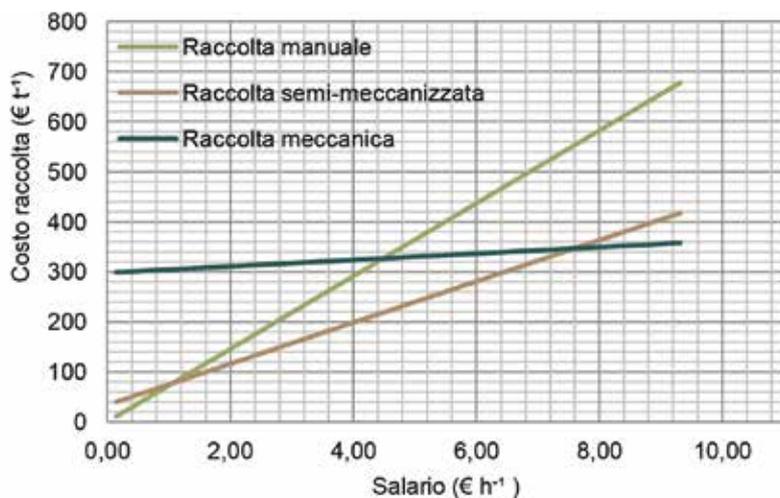


Grafico 1 - Limite di convenienza economica dei vari metodi di raccolta (manuale, semi-meccanizzato e completamente meccanizzato) nella realtà cubana.

mentre in piantagioni “ben gestite” e con un più alto rendimento, un uomo può raccogliere anche 40-70 kg di seme al giorno (PUTTEN *et al.* 2009). Nei test di raccolta manuale della *Jatropha* condotti dal CREA ING a Cuba sono stati raggiunti rendimenti di raccolta medi di 13,75 kg h⁻¹ ($\pm 1,57$) per un quantitativo di frutti raccolti per persona di 110 kg al giorno. Questi sono risultati mediamente più alti rispetto alla media delle esperienze riportate in Tabella 2. Dai test di raccolta semi-meccanizzata condotti in Marocco si è ottenuta una capacità operativa media di 97 kg di frutti all'ora per un totale di 777,44 kg di frutti raccolti in una giornata. Nel caso di una raccogliitrice semovente come quella presa ad esempio nello studio, si possono raggiungere capacità operative ben maggiori. Infatti le prestazioni riportate in bibliografia risultano essere di 621,5 kg di frutti all'ora per un totale di 4.972 kg di frutti al giorno. Partendo dalle precedenti considerazioni, con un salario medio di 0,15 € h⁻¹ la raccolta manuale costa attualmente circa 0,01 € kg⁻¹ mentre la raccolta semi-meccanizzata 0,04 € kg⁻¹. Quella completamente meccanizzata costerà invece 0,30 € kg⁻¹ di frutti raccolti. Per tale motivo attualmente la raccolta manuale risulta essere più conveniente rispetto alla raccolta agevolata. Con il progressivo sviluppo e aumento del benessere, nei Paesi in fase di industrializzazione si sta assistendo allo spostamento delle persone dalle campagne alle città che comporta una sempre maggiore carenza di manodopera in agricoltura e la richiesta di condizioni lavorative migliori con un successivo necessario aumento dei salari minimi. Questo necessariamente porterà ad una inversione di tendenza in cui la raccolta manuale risulterà sempre meno conveniente. Dall'analisi effettuata è risultato evidente come, all'aumentare dei costi della manodopera, la raccolta manuale risulterà sempre meno conveniente rispetto agli altri metodi di raccolta. In particolare, per costi della manodopera superiori a 0,81 € h⁻¹ (equivalente ad un costo della raccolta di 63,8 € t⁻¹), la raccolta semi-meccanizzata della *Jatropha* risulterà più conveniente rispetto all'attuale metodo utilizzato di raccolta manuale. Ad un costo della manodopera di 4,49 € h⁻¹

anche la raccolta completamente meccanizzata risulta più conveniente della raccolta manuale. Infine, con un costo della manodopera superiore ai 7,61 € h⁻¹ la raccolta completamente meccanizzata risulterebbe la soluzione in assoluto più conveniente da adottare (Grafico 1).

CONCLUSIONI

L'attività di studio svolto a Cuba in diversi ambienti e piantagioni di *Jatropha* ha permesso di fare maggiore luce sui tempi di raccolta manuale dei frutti valutandone costi e convenienza economica. L'impiego di macchine semoventi per la raccolta della *Jatropha* potrebbero rappresentare una valida alternativa all'aumentare del costo della manodopera e in presenza di grandi superfici. Ovviamente, il successo di questa scelta richiede anche una serie di infrastrutture e conoscenze che prevedano la regolare manutenzione ordinaria e straordinaria delle attrezzature onde evitare costosi fallimenti. Infine, il sistema semi-meccanizzato testato dal CREA ING risulta un buon compromesso tra i due metodi (manuale e completamente meccanizzato), sia in termini economici, permettendo di ottenere migliori performance con bassi investimenti, sia in termini di condizioni di lavoro, permettendo una raccolta agevolata e di minore impegno fisico, quindi adatta anche per le donne. Questo ultimo aspetto ha un'importante ricaduta sociale soprattutto in quei Paesi in cui sono in atto piani di promozione delle attività lavorative femminili (es. Cuba e Marocco) per aumentare il reddito familiare e ridurre la disuguaglianza sociale. Nuovi progetti e collaborazioni future sono in via di definizione tra il CREA ING e le Università Cubane per rispondere alle esigenze di modernizzazione dell'agricoltura dell'Isola, seguendo uno schema di sviluppo sostenibile già applicato dal CREA ING in Marocco nel progetto JatroMed, così come attività di supporto scientifico sono in atto per introdurre, in sostituzione della raccolta manuale della canna da zucchero, sistemi meccanici nei Paesi in via di sviluppo asiatici, a tale riguardo è stata firmata recentemente una convenzione tra CREA ING e SRA (Sugar Regulatory Administration - Filippine).

Bibliografia

PUTTEN E., FRANKLEN Y., NIELSEN F., JONGH J., RIJSENBECK W., BEERENS P., EJICK J., 2009 - **The jatropha handbook. From cultivation to application.**

SILVA L.J.D., DIAS D.C.F.D.S., MILAGRES C.D.C., DIAS L.A.D.S., 2012 - **Relationship between fruit maturation stage and physiological quality of physic nut (*Jatropha curcas* L.) seeds.** *Ciência e agrotecnologia*, 36(1), 39-44.

KEYWORDS: *Jatropha curcas* L., Harvesting, Costs

Abstract: The harvesting of energy crops. The case of Cuba. *Jatropha curcas* L. is an interesting energy crop that requires much manpower for harvesting that nowadays is mainly carried out by hand. Semi-mechanical harvesting is a good and sustainable compromise between the hand picking and the fully mechanized harvesting method. In this study are analyzed the three harvesting methods and their convenience with the rising of the manpower cost.

Redditività degli impianti di trasformazione delle biomasse

Andamento in relazione all'evolversi della normativa incentivante

di MARIANGELA SALERNO

Lo studio cerca di fornire una visione completa sull'evoluzione della normativa sugli incentivi delle energie rinnovabili individuando le prospettive più favorevoli per l'utilizzazione energetica delle biomasse.

PAROLE CHIAVE: normativa bioenergie, accesso incentivi, biogas, biomasse

Gli incentivi agli impianti alimentati da fonti rinnovabili e/o ad esse assimilate in Italia hanno avuto origine con un provvedimento del Comitato Interministeriale Prezzi denominata Cip6 adottato il 29 aprile 1992, che stabiliva prezzi incentivati per l'energia elettrica prodotta con impianti alimentati da fonti rinnovabili e/o ad esse assimilate. Sono considerati impianti alimentati da fonti assimilate i seguenti:

- impianti funzionanti in assetto cogenerativo;
- impianti che utilizzano calore di risulta, fumi di scarico e altre forme di energia recuperabile in processi e impianti;
- impianti che usano gli scarti di lavorazione e/o di processi industriali;
- impianti che utilizzano fonti fossili prodotte solo da giacimenti minori isolati (es. carbone quale "fonte assimilata" proveniente dalle miniere del Sulcis).

Il Cip6 intendeva promuovere lo sfruttamento delle Fonti Energetiche Rinnovabili (Fer) e ad esse assimilate da parte di impianti entrati in funzione dopo il 30 gennaio 1991 e garantiva il ritiro dell'energia elettrica prodotta da parte di ENEL a prezzi incentivati.

Questo sistema di incentivazione ha, purtroppo, incluso nelle fonti ammissibili anche quelle classificate come "assimilate" concedendo benefici finanziari anche a produzioni non propriamente verdi. Infatti nelle fonti "assimilate" sono compresi anche i derivati del petrolio e i rifiuti urbani indifferenziati, andando quindi contro alle definizioni di fon-

te energetica rinnovabili che si ritrovano nella normativa europea. L'Italia, per questa decisione, è stata "criticata" dall'Unione europea che ha avviato una procedura di in-



Foto 1 - Impianto a biogas.

MARIANGELA SALERNO, CREA ING marionela.salerno@crea.gov.it

frazione e nel 2007 ha dovuto adeguarsi alle linee guide europee.

Un'altra critica al sistema di incentivazione Cip 6, ma che in realtà riguarda tutti i meccanismi di incentivazione compresi quelli attuali, è che sono i consumatori a pagare direttamente i costi di tale incentivazione, attraverso la Cassa Conguaglio del Settore Elettrico. Il Cip6 ha avuto comunque il pregio di avviare il percorso della produzione energetica da rinnovabili e di introdurre il ruolo del produttore indipendente di energia elettrica in un mercato monopolistico.

SISTEMA DEI CERTIFICATI VERDI

In Italia una svolta decisiva per la produzione elettrica e nel campo delle rinnovabili si è avuta nel 1999, "Decreto Bersani", con la liberalizzazione del mercato elettrico e l'introduzione del sistema dei Certificati verdi (Cv). I Certificati verdi sono titoli negoziabili, rilasciati dal GSE in misura proporzionale all'energia prodotta da un impianto qualificato IAFR (Impianto alimentato da fonti rinnovabili)

Il meccanismo di incentivazione con i Certificati verdi si basa sull'obbligo, posto dalla normativa a carico dei produttori e degli importatori di energia elettrica prodotta da fonti non rinnovabili, di immettere annualmente nel sistema elettrico nazionale una quota minima di elettricità prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili.

Il possesso dei Certificati verdi dimostra l'adempimento di questo obbligo: ogni Certificato Verde attesta convenzionalmente la produzione di 1 MWh di energia rinnovabile. I Certificati verdi hanno validità triennale e quelli rilasciati per la produzione di energia elettrica in un dato anno (anno di riferimento dei CV) possono essere usati per ottemperare all'obbligo anche nei successivi due anni. L'obbligo può essere rispettato in due modi: immettendo in rete energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili oppure acquistando i Certificati verdi dai produttori di energia "verde".

Con questo sistema il produttore di EE da fonte fossile per assolvere all'obbligo di immettere annualmente nel sistema elettrico nazionale una quota minima di elettricità prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili, non deve necessariamente dotarsi di impianti alimentati da fonti rinnovabili, ma può avvalersi di un produttore terzo di energia verde, che gli cederà i certificati verdi maturati. Si crea, quindi, un mercato, dove il Cv è a tutti gli effetti un attestato di produzione di EE da fonti rinnovabili che può essere scambiato e che il possessore finale può esibire di fronte alle autorità preposte al controllo.

Il Cv non è una incentivazione diretta al produttore di energia verde ma un titolo che deve essere scambiato su un apposito mercato o mediante contratti bilaterali, e che nelle contrattazioni acquista un valore. L'energia elettrica rinnovabile prodotta rimane invece nelle disponibilità del soggetto possessore dell'impianto che la può autoconsumare o cedere alla rete. Il sistema ha funzionato molto bene nei primi anni della sua entrata in vigore, con valori di scambio dei Cv apprezzati dagli operatori del settore e hanno permesso la realizzazione di un considerevole numero di impianti, soprattutto di grande taglia. Per contro questo meccanismo ha di fatto penalizzato gli impianti di piccola taglia per le difficoltà riscontrate nella richiesta di finanziamento di nuovi impianti in quanto il prezzo dei Cv, che determinava il prezzo di riferimento del GRTN (Gestore della rete di trasmissione nazionale), era di difficile previsione e pertanto risultava quasi impossibile prevedere i ricavi e quindi il finanziamento di un progetto.

A quanto appena detto vanno aggiunte le difficoltà burocratiche di gestione dei Cv stessi e la vendita dell'energia elettrica. Ciò ha comportato che il sistema dei Cv negli anni 2006 e 2007 ha iniziato ad essere poco efficace in quanto il valore dei certificati ha iniziato a scendere, poiché l'offerta era di molto superiore alla domanda di titoli. Nel 2008, tramite la legge finanziaria e i successivi decreti

<p>Cip 6 (1992)</p> <p>Prezzo fisso di ritiro, superiore a quelli di mercato, per l'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili e ad esse "assimilate".</p> <p>Pregio: Avviare il percorso della produzione energetica da fonti rinnovabili e di introdurre il ruolo del produttore indipendente di energia elettrica in un mercato monopolistico.</p> <p>Criticità: Incentivo è riconosciuto anche a fonti non verdi "assimilate" come derivati del petrolio e rifiuti urbani indifferenziati. Misura sanzionata dalla Comunità Europea.</p>
<p>CERTIFICATI VERDI, Cv (1999)</p> <p>Sistema basato su un obbligo posto a capo a produttori e importatori di energia da fonte fossile, di immettere in rete, anche una quota di energia prodotta da fonte rinnovabile, in modo proporzionale alla propria presenza sul mercato.</p> <p>Pregio: L'EE rinnovabile prodotta rimane nelle disponibilità del soggetto possessore dell'impianto che la può auto consumare o cedere alla rete. Nessuna incidenza per le casse dello stato.</p> <p>Criticità: Fluttuazione del prezzo del Cv, penalizzazione per i piccoli produttori di EE.</p>
<p>Tariffa Omnicomprensiva, Tf (2008)</p> <p>Tariffa base fissa valida per impianti Fer < 1 MWe per un orizzonte temporale di 15 anni.</p> <p>Pregio: Favorire lo sviluppo di impianti di piccola taglia; Minore burocrazia di accesso agli incentivi.</p> <p>Criticità: Contributi in bolletta elettrica pagati da tutti gli utenti a favore delle energie rinnovabili.</p>

Figura 1 - Riferimenti del settore ante 31/12/2012.

attuativi, (D.M. 18/12/2008 e delibera AEEG) è stata quindi introdotta una prima modifica al sistema dei Cv, le cui maggiori novità (Allegato A alla delibera ARG/elt 1/09) riguardano principalmente l'allungamento del periodo di diritto dell'incentivazione (15 anni), l'aumento della quota percentuale dell'obbligo di energia verde immessa in rete, e l'introduzione di una Tariffa fissa omnicomprensiva (Tf) per gli impianti di minori dimensioni (inferiori a 1 MW_e o 200 kW_e per l'eolico), tariffa fruibile per un arco temporale di 15 anni dall'entrata in marcia dell'impianto. La tariffa fissa omnicomprensiva Tf rappresenta un deciso cambio di strategia nell'incentivazione delle rinnovabili, al fine di favorire lo sviluppo degli impianti Fer (Fonti energetiche rinnovabili) anche di piccola taglia.

MODIFICHE DELL'INCENTIVAZIONE A PARTIRE DAL 2013

Dal 1 gennaio 2013 il sistema di incentivazione viene profondamente modificato con l'entrata in vigore del D.M. 28 del 6 luglio 2012, attuativo del d.lgs. 28/2011 recante il regime di incentivazione alla produzione di energia elettrica da impianti a fonte rinnovabile diversa dal fotovoltaico. Come indicato dal d.lgs. 28/2011, infatti, il nuovo decreto determina il regime di passaggio tra il meccanismo dei certificati verdi, e il nuovo sistema di incentivazione basato sulle aste al ribasso e sull'iscrizione ai registri. Il Decreto stabilisce le modalità di incentivazione della produzione di energia elettrica da impianti alimentati da fonti rinnovabili, diverse da quella solare fotovoltaica e con potenza non inferiore a 1 kW, introducendo diverse forme di incentivazione sulla base della taglia dell'impianto Fer (Tabella 1.1 del D.M.).

Gli incentivi previsti dal Decreto si applicano agli impianti nuovi, integralmente ricostruiti, riattivati, oggetto di intervento di potenziamento o di rifacimento, entrati in esercizio dal 1° gennaio 2013. Il D.M. 28 stabilisce, inoltre, che per ogni anno non si possa superare il valore di 5,8 miliardi di Euro quale costo cumulato per gli incentivi (sempre con esclusione del fotovoltaico); a tal fine lo stesso decreto stabilisce, oltre ai livelli tariffari, dei contingenti annuali di potenza incentivabile, divisi per tipologia produttiva, relativi agli anni 2013-2015 rispettivamente 170 MWe per il 2013 e 160 MWe per il 2014 e 2015. Gli interventi di rifacimento parziale e totale di impianti esistenti sono ammessi agli incentivi nel limite di appositi contingenti di potenza di cui all'art. 17. I valori degli incentivi per le differenti fonti e taglie e la vita utile degli impianti sono riportate nella Tabella 1.1 del D.M..

Il D.M. 28, al fine di controllare i costi complessivi del sistema e per consentire il contingentamento delle potenze incentivate, individua 3 diverse modalità di accesso agli incentivi:

1. accesso diretto a seguito dell'entrata in esercizio degli interventi previsti per piccoli impianti e per particolari situazioni.
2. registri per due diversi insiemi di interventi progettuali:
 - registro per impianti nuovi, integralmente ricostruiti, riattivati, potenziati e ibridi che non possono acce-

dere direttamente agli incentivi e con una potenza inferiore alla potenza di soglia di 5 MW (10 MW per idroelettrici e 20 MW geotermoelettrici);

- registro per gli interventi di rifacimento parziali e totali (con l'esclusione dei rifacimenti dei piccoli impianti che possono accedere direttamente agli incentivi).
3. aste per impianti nuovi, integralmente ricostruiti, riattivati, potenziati e ibridi di potenza superiore alla potenza di soglia di 5 MW (10 MW per idroelettrici e 20 MW geotermoelettrici).

In deroga al meccanismo dei registri e delle aste, presentando la domanda al GSE entro 30 giorni dalla data di entrata in esercizio, le seguenti tipologie di impianti di "piccola taglia" hanno accesso diretto alle incentivazione (art. 4 comma 3):

- gli impianti eolici e alimentati dalla fonte oceanica di potenza fino a 60 kW;
- gli impianti idroelettrici di potenza nominale di concessione fino a 50 kW, la cui soglia è elevata a 250 kW se trattasi di impianti che rientrano in una delle seguenti casistiche:
 - a. realizzati su canali o condotte esistenti, senza incremento di portata derivata;
 - b. che utilizzano acque di restituzioni o di scarico;
 - c. che utilizzano il deflusso minimo vitale al netto della quota destinata alla scala di risalita, senza sottensione di alveo naturale;
- gli impianti alimentati a biomassa da prodotti e sottoprodotti di origine biologica, di potenza fino a 200 kW e gli impianti alimentati a biogas di potenza fino a 100 kW;
- gli impianti oggetto di un intervento di potenziamento, qualora la differenza tra il valore della potenza dopo l'intervento e quello della potenza prima dell'intervento sia non superiore ai valori massimi di sopra indicati;
- gli impianti previsti dai progetti di riconversione del settore bieticolo-saccarifero;
- gli impianti con reiniezione del fluido geotermico nelle stesse formazioni di provenienza con emissioni nulle, con potenza nominale installata non superiore a 5 MW per ciascuna centrale, per un impegno complessivo autorizzabile non superiore ai 50 MW;
- gli impianti oggetto di rifacimento aventi potenza complessiva, a valle dell'intervento, non superiore ai valori massimi di potenza precedentemente indicati;
- gli impianti realizzati con procedure ad evidenza pubblica da Amministrazioni pubbliche, aventi potenza fino al doppio del livello massimo indicato alle lettere a, b, c.
- gli impianti eolici e alimentati dalla forza del mare di potenza inferiore a 60 kW;
- gli impianti idroelettrici di potenza di concessione fino a 50 kW, che può essere elevata a 250 kW per particolari risorse idriche, come le acque di scarico o canali esistenti.

Queste esclusioni sono mantenute anche per i rifacimenti totali o parziali nel caso non superino queste soglie di potenza dopo l'intervento. Esistono altre fattispecie escluse dall'adempimento del registro, quali gli impianti derivanti dalla riconversione del settore bieticolo-saccarifero e quelli

geotermoelettrici innovativi di potenza inferiore a 5 MW. L'iscrizione al registro avviene in finestre temporali determinate dall'autorità, della durata di 60 giorni. Gli esclusi da un registro dovranno iscriversi a quello successivo. Dalla seconda apertura del registro, ai contingenti disponibili saranno sottratte le quote di potenza utilizzate dagli impianti esclusi dal registro stesso. Le graduatorie sono formate secondo criteri gerarchici di preferenza differenziati per ogni tipologia di fonte e solo come ultimo discrimine viene considerata l'esclusione da precedenti registri la minor potenza, la data di autorizzazione e di iscrizione al registro (art. 10). In breve i criteri di preferenza agevolano gli impianti di proprietà di aziende agricole, quelli che utilizzano prodotti e sottoprodotti biologici, nonché quelli iscritti al precedente registro che non sono rientrati nei limiti di potenza previsti, gli impianti più piccoli, dotati di autorizzazione da più tempo e che hanno presentato per primi la domanda di iscrizione al registro. Requisito fondamentale per l'iscrizione al registro è che il soggetto proponente sia in possesso del titolo autorizzativo e del preventivo di connessione accettato in via definitiva. Essa va corredata dalla dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà e non può essere integrata - in caso di documentazione mancante - dopo la chiusura del registro.

I soggetti responsabili degli impianti al di sopra dei 5MW di potenza sono tenuti a partecipare a procedure pubbliche d'asta telematiche al ribasso per l'ottenimento degli incentivi sempre nei limiti dei contingenti annuali fissati dal D.M.. La partecipazione alle aste telematiche al ribasso per l'ottenimento degli incentivi è concessa a quei soggetti che abbiano ottenuto il titolo autorizzativo, concessorio o di compatibilità ambientale (eolico offshore inferiore a 20 MW) nonché accettato il preventivo di connessione alla rete elettrica. La formazione delle graduatorie d'asta si basa sulla maggior riduzione percentuale proposta e, a parità di decremento, subentrano altri criteri quali la priorità di data di entrata in esercizio o di titolo autorizzativo, nonché le caratteristiche tecniche o l'utilità pubblica dell'impianto. Anche per questi impianti esiste un limite massimo di tempo di realizzazione, dalla formazione delle graduatorie, con una proroga possibile di 24 mesi che comporta però una riduzione percentuale delle tariffe per ogni mese di ritardo.

TARIFFE PER LE DIVERSE TIPOLOGIE DI IMPIANTI

Si definisce tariffa base incentivante il ricavo complessivo derivante dalla valorizzazione dell'energia elettrica e dall'incentivo;

Classe di potenza [kWe]	Tariffa base 2013-2016 [€/MWh]			
	Impianti a Biogas		Impianti a Biomassa	
	Prodotti	Sottoprodotti	Prodotti	Sottoprodotti
1 < P ≤ 300	180	236	229	257
300 < P ≤ 600	160	206	180	209
600 < P ≤ 1000	140	178	133	161

Tabella 1 - Differente valore della tariffa base al variare della potenza e della matrice organica in ingresso. Sistema di incentivazione previsto dal D.M. 28 del 6 luglio 2012.

La tariffa base incentivante deve essere associata a ciascuna fonte, tipologia e classe di potenza degli impianti ed è regolamentata dagli artt. 2 e 7 del D.M.. La tariffa base incentivante include sia l'incentivo sia la valorizzazione economica dell'energia immessa in rete (prezzo zonale dell'energia immessa in rete). Alla tariffa base incentivante si possono aggiungere specifici premi come ad es. per gli impianti cogenerativi ad alto rendimento e/o che diano luogo a specifiche riduzioni delle emissioni di gas serra in atmosfera etc. L'incentivazione è riferita all'energia prodotta netta da impianti a fonti rinnovabili e immessa in rete (artt. 2 e 7), ovvero al minor valore fra la produzione netta e l'energia effettivamente immessa in rete. In particolare sono previste due tipologie di incentivi (art. 7 e Allegato 1):

1. una tariffa incentivante omnicomprensiva (To) per gli impianti di potenza non superiore a 1 MW calcolata secondo la seguente formula:

$$T_o = T_b + P_r,$$

dove T_b è tariffa incentivante base, P_r è l'ammontare totale degli eventuali premi; in questo caso l'energia elettrica viene ceduta al GSE che ne ha piena titolarità;

2. un incentivo (I) per gli impianti di potenza superiore ad 1 MW e per quelli di potenza non superiore a 1 MW che non optano per la tariffa omnicomprensiva, calcolato come differenza tra un valore fissato (ricavo complessivo) e il prezzo zonale orario dell'energia (riferito alla zona in cui è immessa in rete l'energia elettrica prodotta dall'impianto). L'incentivo I è calcolato con la seguente formula:

$$I = T_b + P_r - P_z,$$

dove P_z è il prezzo zonale orario dell'energia definito come prezzo medio mensile per fascia oraria, formatosi sul mercato elettrico, corrispondente alla zona di mercato in cui è connesso l'impianto (Fonte GSE). In questo caso la titolarità dell'energia appartiene la GSE per impianti di potenza fino a 1MW, per impianti di potenza superiori al MW la titolarità dell'energia appartiene al produttore che può autoconsumarla o venderla sul mercato, in quanto non è previsto il meccanismo del ritiro dedicato a opera del GSE. Nel primo caso avrà probabilmente un aumento dei ricavi, derivanti da mancati costi, in quanto il prezzo di acquisto dell'energia è generalmente più elevato del prezzo di vendita, cioè quello zonale di riferimento. Le tariffe sono riconosciute per un periodo differenziato per ogni tipologia di fonte, secondo la vita utile convenzionale stimata all'interno del decreto stesso.

Come mostrato nella Tabella 1, le tariffe riportate sono riferite agli impianti che entrano in esercizio nel 2013. Il GSE ha reso noto che le tariffe incentivanti base, indicate per ciascuna fonte, tipologia di impianto e classe di potenza nella Tabella 1.1 dell'Allegato 1 del D.M. del 6 luglio 2012, non subiranno la decurtazione del 2% di cui all'art. 7, comma 1, del D.M., per gli anni 2015 e 2016. Pertanto la decurtazione non si applica nel caso in cui nell'anno precedente, la potenza complessivamente assegnata tramite le procedure ad Aste e Registri sia inferiore all'80% della somma delle potenze disponibili per il medesimo anno. Al

riguardo la potenza complessivamente assegnata è risultata inferiore alla soglia dell'80%, sia per quanto riguarda i Bandi 2013, con riferimento alla potenza disponibile per l'anno 2014, sia relativamente ai Bandi 2014, con riferimento alla potenza disponibile per l'anno 2015.

Gli impianti che utilizzano biomatrici per il loro funzionamento presentano delle peculiarità nell'incentivazione che rispecchiano anche la maggior complessità di realizzazione e gestione associate a questa fonte.

È opportuno seguire la distinzione del legislatore, che classifica impianti a biomasse quelli in cui vengono utilizzate biomatrici con un basso contenuto di umidità e che subiscono quindi processi termici o termochimici di utilizzo, e impianti a biogas quelli che utilizzano matrici biodegradabili con un alto contenuto di umidità, per le quali si deve eseguire un processo di trasformazione intermedio di produzione di biogas. Già con la revisione degli incentivi eseguita nel 2008, questa tipologia di impianti fu distinta in modo netto dalle altre fonti, soprattutto quelle maggiormente affermate, al fine di favorirne lo sviluppo, fino ad allora abbastanza limitato. La tariffa di 280 €/MWh e il coefficiente moltiplicativo dei Cv rilasciati, posto a 1,8 (per le biomatrici proveniente da filiera corta, altrimenti posto a 1,3), sono stati dei buoni strumenti per favorire l'incremento sul territorio di questi impianti, come infatti si è verificato. Nel decreto 28 del 6 luglio 2012, per gli impianti a biogas e biomasse sono nuovamente riservate delle regole di incentivazione particolareggiate, contenute principalmente nell'art. 8 del testo normativo. Tali norme specifiche devono essere viste come aggiuntive rispetto a quelle precedentemente esposte.

La tipologia di matrice utilizzata è di forte importanza per la determinazione dell'incentivo. Vengono infatti definite quattro tipologie di possibili prodotti utilizzabili:

- prodotti di origine biologica, cioè biomatrici vegetali che vengono, in pratica, appositamente coltivate o raccolte per alimentare gli impianti;
- sottoprodotti di origine biologica, cioè quelle matrici biodegradabili che si generano da processi produttivi che non hanno come fine ultimo la loro produzione. Un esempio sono il siero di latte, le rimanenze della macellazione, le deiezioni animali;
- rifiuti parzialmente biodegradabili, definiti dall'allegato 2 del D.M. 28/2012;
- rifiuti non provenienti da raccolta differenziata e diversi da quelli ricompresi al punto precedente.

TARIFFE E PREMIALITÀ

Le tariffe sono quindi distinte per tipologie di impianto, biomasse e biogas, e all'interno di queste due categorie per prodotto utilizzato e per fascia di potenza, con differenze anche importanti di incentivazione fra le diverse classi così individuate. Si veda in merito la Tabella 1.1 del D.M., le tariffe base possono essere aumentate mediante dei premi aggiuntivi:

- per gli impianti a biomasse tra 1 e 5 MW di potenza, 10 €/MWh di maggiorazione se riducono le emissioni di CO₂; per gli impianti a biomasse tra 1 e 5 MW di

potenza, 20 €/MWh di maggiorazione se utilizzano biomasse da filiera corta di particolari tipologie (Tabella I E dell'allegato 1 D.M. 28/2012);

- per gli impianti a biomasse, alimentati con matrici biologiche o sottoprodotti, un premio di 30 €/MWh se rispettano certe soglie emissive (allegato 5 D.M. 28/2012);
- per tutti gli impianti che usano biomatrici, premi per la cogenerazione ad alto rendimento, che variano dai 10 ai 40 €/MWh in base alla fonte di alimentazione prescelta.

Questi premi sono aggiuntivi rispetto alla tariffa base, individuata secondo le modalità prima elencate. È inoltre previsto un premio specifico per il biogas a cui è abbinato un impianto di rimozione dell'azoto dal digestato.

La concessione dei premi è comunque correlata al rispetto di alcune regole tecniche e gestionali tra le quali è opportuno ricordare quelle relative alle vasche di stoccaggio del digestato, che devono essere coperte, e quelle sulle emissioni in atmosfera, che devono risultare prive di ammoniaca o composti ammoniacali. Inoltre i premi per riduzioni del 30% e del 40% dell'azoto sono riservati a impianti fino a una potenza installata di 600 kW.

QUALE FUTURO PER LE AGROENERGIE?

Lo sviluppo delle filiere agroenergetiche nel nostro Paese dovevano favorire la produzione sostenibile di energia e un reddito congruo per le imprese agricole del settore. Ciò non è accaduto, bensì già dal primo gennaio 2013 il settore ha subito un inaspettato rallentamento. Infatti con l'entrata in vigore del nuovo decreto incentivante (D.M. 28), che introduce differenti valori della tariffa base al variare della matrice organica in ingresso e della potenza dell'impianto, anche per quelli maggiormente incentivati (vedi Tabella 1), la tariffa è inferiore alla vecchia Tariffa omnicomprensiva. I tagli degli incentivi e la mancanza di un meccanismo incentivante stabile, basti pensare che il nuovo D.M. sulle rinnovabili per l'anno corrente non è stato ancora approvato, ha determinato un drastico ridimensionamento della potenza elettrica installata. Infatti, la nuova potenza immessa in rete nell'anno 2015 è di solo 890MW, meno di un quarto del valore raggiunto nel 2010 e un dodicesimo del picco fatto segnare nel 2011. Questo crollo di nuova potenza elettrica immessa in rete ha fatto registrare, conseguentemente, aumenti delle emissioni di CO₂ in atmosfera, che nel solo anno 2015 sono aumentate del 3,5% rispetto all'anno precedente.

CONCLUSIONI

Lo studio ha cercato di fornire una visione completa sull'evoluzione della normativa sugli incentivi delle energie rinnovabili individuando le prospettive più favorevoli per l'utilizzazione energetica delle biomasse. Con il Cip 6 nel 1992 si è avviato il percorso della produzione energetica da fonti rinnovabili e si è introdotto il ruolo del produttore indipendente di energia elettrica. Nel 1999 siamo passati al sistema dei Certificati Verdi, dove l'EE prodotta può essere

auto consumata o ceduta alla rete. Per gli impianti entrati in esercizio in data successiva al 31 dicembre 2007, si è introdotta una tariffa base fissa, Tariffa omnicomprensiva, 280 €/MWh, favorendo anche lo sviluppo di impianti di piccola taglia fino a 1 MW. Dal 1 gennaio 2013, le tariffe hanno subito un netto taglio con ripercussioni negative sulla nuova potenza elettrica immessa in rete nel triennio 2013-2015 e un conseguente aumento delle emissioni inquinanti in atmosfera.

Lo scenario per i prossimi anni non sembra roseo, e si stima per il periodo 2016-2020 una crescita delle rinnovabili elettriche del +7%, rispetto al 2015, crescita molto modesta se confrontata con l'aumento di oltre il 40 % che si è avuto nel periodo 2010-2014, circostanza che dovrebbe portare a una riflessione critica sul futuro delle energie rinnovabili e sulle politiche degli incentivi nel nostro Paese.

Bibliografia

D.M. 28 del 6 luglio 2012

ARSIA, 2004 - **Le colture dedicate ad uso energetico: il progetto**

Bioenergy Farm. Quaderno 6.

ENEA, 2006 - **Rapporto energia ambiente. 2005.**

Insero Energia Rinnovabile, n. 45 dicembre 2015 dell'**Informatore Agrario Agriforenergy**, n.1 febbraio 2016

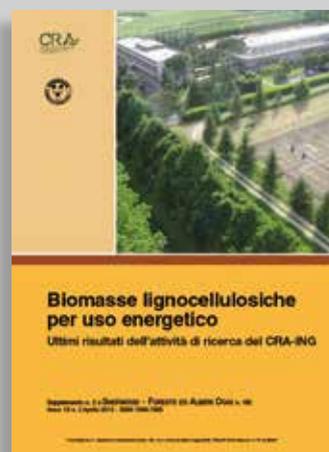
KEYWORDS: legislation bioenergy, access incentives, biogas, biomass.

Abstract: Renewable Biogas and Biomass Energy.

Domestic consumption of energy from renewable energy sources has increased substantially in recent years, in line with the target of 17 % set by the EU Programme for 2020 , thanks to government incentives. As part of Community action is limited on the one hand the energy dependence on fossil fuels and other sources of emissions of greenhouse gases. The renewables sector in Italy, pushed in recent years by the presence of various incentive mechanisms (such as green certificates and charges inclusive), is currently stalled due to the imminent end of the current incentive scheme (defined by D.M. 6 August 2012) and uncertainty about which mechanisms will be introduced in the near future.

Questa pubblicazione rientra tra le attività di divulgazione che il Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria - Unità di ricerca per l'ingegneria agraria (CREA-ING) di Monterotondo sta portando avanti da anni e costituisce il quinto volume di una serie pubblicata con analogo veste grafica e divulgata in differenti modalità sia nella versione cartacea che informatica (in formato .pdf) scaricabile dai siti <http://ing.entecra.it/biomasse> e www.rivistasherwood.it/pubblicazioni-cdf.html

I precedenti volumi sono:



Biomasse lignocellulosiche per uso energetico. Ultimi risultati dell'attività di ricerca del CRA-ING.

Supplemento al numero 192 di Sherwood - Foreste ed Alberi Oggi (anno 19 - n. 3, Aprile 2013)



Progetti di ricerca SUSCACE e FAESI. Recenti acquisizioni scientifiche per le colture energetiche.

Supplemento al numero 183 di Sherwood - Foreste ed Alberi Oggi (anno 18 - n. 4, Maggio 2012)



Innovazioni tecnologiche per le agroenergie. Sinergie tra ricerca e impresa

Supplemento al numero 168 di Sherwood - Foreste ed Alberi Oggi (anno 16 - n. 9, Novembre 2010)



Valorizzazione delle risorse agricole nell'ottica del concetto di bioeconomia. Progetti di ricerca SUSCACE e FAESI

Supplemento al numero 203 di Sherwood - Foreste ed Alberi Oggi (anno 20 - n. 4, Giugno 2014)

