

# Iskorištavanje drvnoga ostatka pri sječi i izradbi – iskustvo iz talijanskih Istočnih Alpa

Raffaele Spinelli, Carla Nati, Natascia Magagnotti

## Nacrtač

*Studija koja se vodila u okviru većega talijanskoga projekta analizira tri sustava iskorištavanja drvnoga ostatka i utvrđuje uvjete koji čine određeni sustav pogodnijim u odnosu na ostale. U tu su svrhu autori primjenjivali proračunske modele temeljene na ispitivanjima, koji prikazuju trošak dobave drvene biomase kao funkciju radnih uvjeta te pretpostavku troškova. Iveranje, izradba svežnjeva i transport neusitnjenoga drvnoga ostatka održive su opcije i zaista se primjenjuju na komercijalnoj razini u nekoliko zemalja, uključujući i Italiju. Transport neusitnjenoga drvnoga ostatka najjednostavnija je metoda koja izbjegava ulaganje u skupu opremu. Međutim, sustav je ograničen poteškoćom u potpunom iskorištavanju korisne nosivosti vozila: nije prikladan za transport sitne granjevine ni za duže udaljenosti prijevoza. Iveranje na pomoćnom stovarištu tehnički je najučinkovitija metoda, ali zahtijeva blisku povezanost transportnih sredstava. Ako je kašnjenje kamiona preko 40 minuta po utovaru, onda je izradba svežnjeva bolji odabir.*

*Ključne riječi: šumski ostatak, iveranje, izradba svežnjeva, transport granjevine, troškovi dobave*

## 1. Uvod

Ubrzani je razvoj uporabe obnovljivih izvora energije u Italiji utjecao na tržište proizvoda biomase povećavajući cijene proizvoda, iskorištavanje postojećih izvora biomase te uvoza drvnih ostataka iz susjednih zemalja. Drvni ostatak nastaje kao sporedni proizvod sječe i izradbe, a predstavlja važni izvor drvene sirovine koji se može iskoristiti u energetske svrhe. Stoga zanimanje za nove tehnologije može smanjiti troškove iskorištavanja i povećati udio drvnoga ostatka unutar ekonomskoga dosega. Postoji opći interes za povećanje iskorištavanja drvnoga ostatka, koji zahtijeva stručno znanje. To je posebno važno za područje Alpa i općenito srednju Europu, jer je puno trenutačno dostupnoga znanja potekloga iz nordijskih zemalja, pod vrlo različitim uvjetima rada (Cuchet i dr. 2004).

Drvni ostatak nastaje kao sporedni proizvod izradbe drva u tradicionalne sortimente, kao što su oblovina i celulozno drvo. Izradba se može obavljati u sječini kod panja ili na stovarištu ako se privlače cijela stabla. Potonji slučaj nudi prednost gomilanja drvnoga ostatka pa je iskorištavanje lakše. S druge

strane, drvni ostatak ostavljen u sječini kod panja može se uvijek skupiti i izvesti forvarderom do pomoćnoga stovarišta nakon izradbe. Ako je teren prestrm ili tlo ima malu nosivost za kretanje teških strojeva, onda drvni ostatak mora uvijek biti dostupan na pomoćnom stovarištu bez obzira na to gdje se odvija izradba. Studija razmatra drvni ostatak koji je već dostupan na pomoćnom stovarištu bilo stoga što je stablo tamo izrađeno ili zato što je drvni ostatak privučen nakon izradbe u sastojini. Pod takvim uvjetima iskorištavanje se može provesti prema jednom od sljedeća tri sustava:

- ⇒ 1. iveranje na pomoćnom stovarištu (slika 1) i prijevoz drvnoga iverja do energane (Spinelli i Hartsough 2001)
- ⇒ 2. izradba svežnjeva na pomoćnom stovarištu (slika 2), transport svežnjeva (Andersson 1999) do energane i njihovo iveranje u energani prije korištenja
- ⇒ 3. transport neusitnjenoga ostatka (slika 3) do energane i njegovo iveranje u energani prije korištenja (Ranta i Rinne 2006).



**Slika 1.** Iveranje na pomoćnom stovarištu



**Slika 2.** Izradba svežnjeva na pomoćnom stovarištu

Cilj je ovoga rada analizirati navedena tri sustava iskorištavanja drvnoga ostatka i utvrditi uvjete koji čine određeni sustav pogodnijim od ostalih. Rezultati mogu poslužiti za odluke menadžerima koja je metoda iskorištavanja najpovoljnija za primjenu pod njihovim specifičnim uvjetima rada. Posebno se u

radu želi odrediti: a) udaljenost transporta nakon koje transport granjevine postaje skuplja inačica od transporta drvnoga iverja ili svežnjeva i b) iznos prekida rada iverača zbog čekanja kamiona za utovar koji je prihvatljiv u procesu iveranja prije nego što izradba svežnjeva postane jeftinija opcija.





**Slika 3.** Utovar neusitnjenih ovršina



**Slika 4.** Stacionirani iverač

## 2. Istraživački pristup

Podaci koji se koriste za usporedbu odnose se na iverač Jenz HEM 560D, postavljen na kamionu i opremljen samostalnim motorom od 335 kW te hidrauličnom dizalicom za utovar iverja, i na bandler Timberjack 1490D postavljen na kamionu, također

opremljen hidrauličnom dizalicom. Što se tiče treće opcije, tj. transporta neusitnjenoga drvnoga ostatka, model se odnosi na kamionski skup s posebno povećanim tovarnim prostorom i hidrauličnom dizalicom. Sve tri su radne operacije detaljno ispitane, preciznim mjerenjem vremena rada, vremena prekida, isporučene težine i prijednim udaljenostima

transporta (Spinelli i dr. 2006a). Budući da je cilj ovoga rada znati kada je jedan od tih triju sustava prikladniji od drugoga, sva tri su sustava modelirana statističkim analizama (SAS 1999). Modeli su se koristili za provođenje simulacija radi usporedbe značajki sustava pod različitim uvjetima rada.

Međutim, prije analiziranja rezultata simulacija najbolje je utvrditi neke referentne točke kako bi se bolje razumjeli različiti procesi i izbjegle greške u tumačenju i primjeni rezultata.

- ⇒ 1. Transport svežnjeva ili neusitnjene granjevine sve do energane savjetuje se samo kad je energana opremljena sa stacioniranim iveračem (slika 4). Korištenje takva stroja znatno smanjuje troškove iveranja, čime se djelomice umanjuje utjecaj većih troškova transporta neusitnjenoga ostatka ili dodatnih troškova izradbe svežnjeva (Spinelli i Magagnotti 2005).
- ⇒ 2. Transport neusitnjenoga ostatka uspješno se primjenjuje u Austriji i Finskoj (Ranta i Rinne 2006). Na sjeveroistoku Italije neki izvođači radova koriste također taj sustav na komercijalnoj razini (Spinelli i dr. 2006b). Međutim, postupak se može primjenjivati samo kod odgovarajuće smjese ovršina, oštećenih debala i granjevine. Nije vjerojatno da može dati povoljne rezultate kad se koristi samo sitna granjevina jer se pogoršava glavni nedostatak transporta granjevine, tj. vrlo niska nasipna gustoća tovara i time nemogućnost potpune iskoristivosti korisne nosivosti vozila (Rawlings i dr. 2004). Iz istoga razloga profitabilnost transporta granjevine brzo opada s udaljenošću transporta te je sustav prikladan samo na kratkim udaljenostima. Općenito, prednost transporta drvnih ostataka značajno je smanjenje investicije u određene strojeve, kao što su pokretni iverač ili bandler, koji mogu koštati između 300 000 i 400 000 €.
- ⇒ 3. Izradba svežnjeva ima dva glavna ograničenja: prvo, dodatni je korak izradbe, a drugo, odvija se mnogo sporije od iveranja. Ustvari, trošak bandlera po satu gotovo je isti kao i iverača uz gotovo dva puta veću proizvodnost. Glavna prednost izradbe svežnjeva je logistička: dok rad iverača općenito traži blizinu kamiona za prihvrat iverja koje se izbacuje iz izlazne cijevi iverača, bandleri su potpuno neovisni jer mogu slagati svežnjeve na tlo koji će se prikupiti transportnim sredstvom (Johansson i dr. 2006). Time se sprečavaju svi problemi koordiniranja rada iverača i kamiona koji mogu uzrokovati znatne prekide, čak i nemogućnost dostizanja granice isplativosti

rada iverača. Skupni rad iverača i kamiona također zahtijeva veća pomoćna stovarišta, na koja se istodobno mogu smjestiti i iverač i kamion. Nasuprot tomu bandler se može koristiti na manjim pomoćnim stovarištima jer se transportno vozilo može kretati nakon što je bandler završio rad. Prema tomu, usporedba između iverača i bandlera svodi se na utvrđivanje »praga dezorganizacije« prihvatljivo-ga za iveranje prije nego potpuno ne nestane njegova proizvodna granica isplativosti, pa izradba svežnjeva postane jeftinija opcija.

### 3. Rezultati

Simulacija se temeljila na eksperimentalnim podacima prikazanim u tablicama 1 i 2 za izradbu granjevine (iveranje ili izradbu svežnjeva) i transport: ti su podaci bili zabilježeni na dobro organiziranim radnim operacijama s vrlo ograničenom učestalošću prekida. Eksperimentalni su podaci bili kompatibilni s rezultatima dobivenima od ostalih autora za slične strojeve, posebice za radne značajke bandlera na kamionu u Italiji vrlo su slične značajkama istoga stroja utvrđenima u istraživanjima provedenima u Austriji (Kanzian 2005) i Njemačkoj (Wittkopf 2004). Tablice se odnose na utrošak vremena i proizvodnost stroja po masi suhe tvari kako bi se dobio nedvosmislen zaključak.

Što se tiče iveranja u pogonu, skupljeni su podaci naglasili proizvodnost stacioniranih iverača koji su dosegli 16,7 mase suhe tvari/h pri izradbi svežnjeva i 14,4 mase suhe tvari/h kod granjevine.

Operativni su troškovi procijenjeni s uobičajenim metodama izračuna prilagođenima šumarstvu (Miyata 1980). Pretpostavili smo početnu investiciju od 320 000 € za iverač postavljen na kamionu, 400 000 € za bandler postavljen na kamionu, 110 000 € za svaki kamion i 130 000 € za svaki kamionski skup. Vrijeme amortizacije iznosi 8 godina uz otpisnu vrijednost od 20 %. Godišnja je iskoristivost određena na 1000 sati, pretpostavljajući profesionalnu uporabu. Iznimka su transportne jedinice jer se općenito intenzivnije koriste: prema tomu pretpostavili smo vrijeme amor-

**Tablica 1.** Proizvodnost iveranja i izradbe svežnjeva

Radni postupak	Iveranje	Izradba svežnjeva
Rad, min/odt	7,5	10,0
Ostalo, min/odt	0,5	2,4
Prekid, min/odt	1,0	0,9
Prekid, % od ukupnoga vremena	10,8	6,8
Proizvodnost, odt/h	6,7	4,5

odt – masa suhe tvari, t

Izvor: Spinelli i dr. (2006)

**Tablica 2.** Proizvodnost prijevoza

	Proizvod		
	Iverje	Svežnjevi	Granjevina
Kamion			
Tovar, odt	6,3	5,9	3,5
Vožnja po šumskoj cesti, km/h	14	14	14
Vožnja po lokalnoj cesti, km/h	30	30	30
Vožnja po državnoj cesti, km/h	52	52	52
Utovar, min/tura	50,3	20,7	17
Vaganje i istovar, min/tura	8,4	21,6	10,8
Prekid, min/tura	8,1	8,1	8,1
Kamionski skup			
Tovar, odt	16,0	15,0	9,6
Vožnja po šumskoj cesti, km/h	14	14	14
Vožnja po lokalnoj cesti, km/h	21	21	21
Vožnja po državnoj cesti, km/h	50	50	50
Utovar, min/tura	127,7	52,6	117,0
Vaganje i istovar, min/tura	21,0	48,3	18,7
Prekid, min/tura	10,1	10,1	10,1

Izvor: Spinelli i dr. (2006)

tizacije od 5 godina i godišnju iskoristivost od 1800 sati. Troškovi su rada bili određeni na 18 €/h, kamatna stopa na 4 %, a troškovi goriva na 1,1 €/L. Tako dobiveni izravni troškovi uvećani su za 25 % kako bi se uračunali profit i neizravni troškovi. Tada troškovi rada iznose 165 €/h za pokretni iverač, 159 €/h za bandler, 59 €/h za kamion i 70 €/h za kamionski skup. Kod transporta granjevine uključeni su troškovi drugoga radnika koji pomaže pri utovaru jer često treba prerezivati ovršine stabala. Taj posao može obavljati radnik na dizalici ako je hvatalo opremljeno s hidrauličnom pilom, međutim tijekom naših istraživanja nije promatrana takva organizacija rada pa je zato izbjegnuta ekstrapolacija podataka. Trošak pomoćnog radnika pri utovaru je predviđen u iznosu do 18 €/h i uračunat samo za vrijeme utovara, a ne za cijeli turnus. Troškovi rada stacioniranoga iverača izračunati su na različitim postavkama, bliže ekonomskim uvjetima teške industrije, kao što je: godišnja iskoristivost od 4800 sati, vrijeme amortizacije od 8 godina i troškovi električne energije od 0,08 €/kWh. Rezultati su provjereni uz pomoć menadžera energane i ukazuju na trošak iverača od 130 €/h.

Navedeni su podaci prikupljeni u radnu tablicu i koriste se za izračun:

⇒ najveće udaljenosti unutar koje je transport neusitnjene granjevine jeftiniji od prijevoza iverja ili granjevine

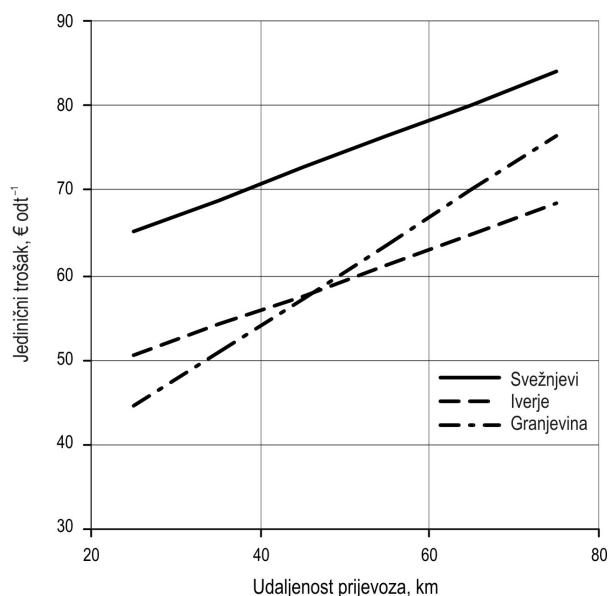
⇒ iznos prekida rada iverača koji je prihvatljiv prije nego izradba svežnjeva postane jeftinija opcija.

Te su se simulacije provodile za dva različita slučaja: 1) veličina pomoćnoga stovarišta i standard ceste omogućuju uporabu kamionskoga skupa za transport, 2) veličina pomoćnoga stovarišta i/ili standardi cesta prisiljavaju uporabu kamiona za transport.

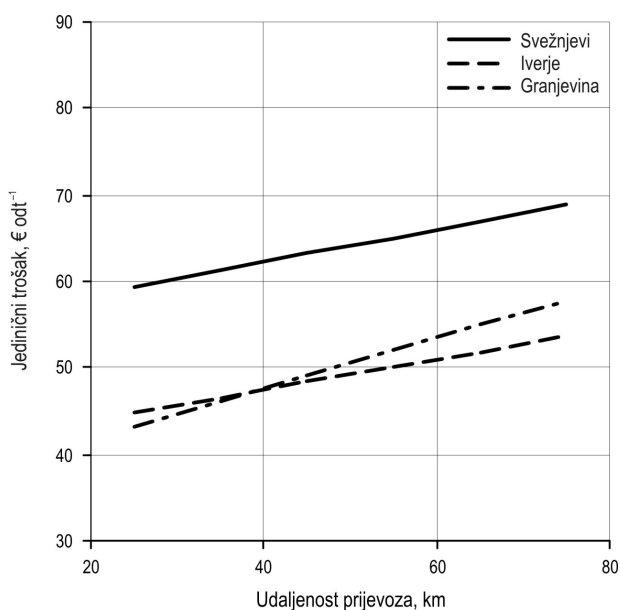
Slike 5 i 6 pokazuju ovisnost između troškova dobave o udaljenosti transporta za tri sustava. Slika 5 odnosi se na transport kamionom, dok se slika 6 temelji na uporabi kamionskoga skupa. U oba slučaja pretpostavili smo da su radne operacije dobro organizirane i da iverač obično čeka 5 minuta između odlaska transportne jedinice i dolaska sljedeće.

U oba slučaja pokazalo se da je izradba svežnjeva najmanje učinkovita opcija. Nasuprot tomu transport neusitnjenih ostataka javlja se kao najjeftinija opcija kada udaljenost transporta ne premašuje 40 km, što vrijedi samo kod relativno krupne granjevine. U suprotnome problem je prikupiti dostatan tovar granjevine nakon odvajanja ovršina i deblovine promjera iznad 10 – 12 cm. Promatrane su raščlambe provođene pri pridobivanju drvnih ostataka dobivenih nakon kresanja grana i odvajanja debla od ovršine na promjeru od 18 – 20 cm.

Iako je sustav iveranja puno jeftiniji od sustava izradbe svežnjeva, iveranje je jako osjetljivo na organizacijske probleme: može biti djelotvorno samo ako je kamion za prihvat iverja smješten uz iverač, a nije uvijek lako jamčiti dobru koordinaciju iverača i kamiona. Prema tomu rad iverača može se usporiti stalnim prekidima koji se mogu smatrati normalni-

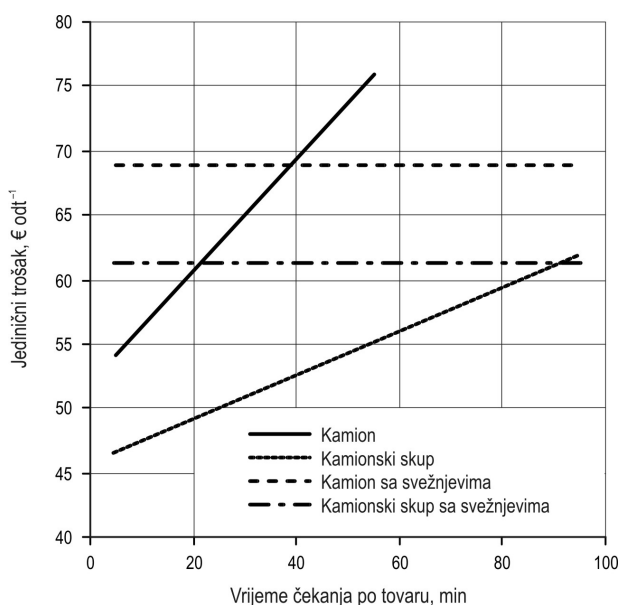
**Slika 5.** Ovisnost troškova dobave o udaljenosti transporta kamionom





**Slika 6.** Ovisnost troškova dobave o udaljenosti transporta kamionskim skupom

ma i prihvatljivima ako je njihova učestalost unutar određenih granica. U našim prethodnim simulacijama pretpostavili smo prosječni prekid između kamiona od 5 minuta, što je sigurno prihvatljivo. Kako prekidi postaju sve duži, troškovi iveranja postaju viši i u određenom trenutku doseći će istu vrijednost kao i troškovi izradbe svežnjeva. Iznad te granice izradba svežnjeva postaje prikladnija opcija. Slika 7 pokazuje rezultate simulacije koja se provodila za



**Slika 7.** Ovisnost troškova dobave o vremenu prekida rada iverača - čekanje između tovara

povećano vrijeme čekanja iverača, pretpostavljajući udaljenost transporta od 35 km, od kojih su 2 km na šumskim cestama, 10 km na lokalnim cestama, a ostatak od 13 km na državnim cestama.

Ako kamioni prevoze, iveranje je pogodnije od izradbe svežnjeva sve dok je prosječno vrijeme čekanja između odlaska kamiona i dolaska sljedećega manje od 40 minuta (slika 7). Kada se koriste kamionski skupovi, iverač može dopustiti prosječno vrijeme prekida od gotovo sat i pol prije nego izradba svežnjeva postane bolja opcija. Konačno, tu je i treća mogućnost, tj. da je pomoćno stovarište preusko za istodobni smještaj iverača i kamionskoga skupa, ali se može nalaziti kamionski skup bez prisutnosti iverača. Tada će izradba svežnjeva omogućiti uključivanje djelotvornijega transportnoga sredstva, dok iveranje zahtijeva jednostavnije, manje učinkovite kamione. U tom je slučaju iveranje poželjnije samo ako se prekidi mogu zadržati u okviru prosječne vrijednosti od 20 minuta po utovaru (slika 7).

#### 4. Zaključak

Iveranje, izradba svežnjeva i transport neusitnjenoga drvnoga ostatka održive su opcije i primjenjuju se na komercijalnoj razini u nekoliko zemalja, uključujući i Italiju. Svaka opcija ima svoje prednosti i nedostatke, koje se moraju pažljivo vrednovati kako bi se donijela odluka koja je najprikladnija za određenu situaciju.

Transport neusitnjenoga drvnoga ostatka najjednostavnija je metoda kojom se izbjegava nabava skupih strojeva. Međutim, sustav je opterećen problemom nedovoljne nosive iskoristivosti transportnoga sredstva te stoga nije prikladan transport sitne granjevine.

Iveranje na pomoćnom stovarištu najučinkovitija je metoda, ali zahtijeva vrlo dobru organizaciju transportnih sredstava. Broj sredstava potrebnih za rad mora biti usklađen s proizvodnošću iverača i transportnom udaljenošću: povećanjem prekida rada iverača zbog čekanja transportnoga sredstva smanjuje se proizvodnost iverača, što pridonosi opravdanosti primjene drugih dvaju načina.

Izradba je svežnjeva dodatni proces i prema tomu povećava ukupni trošak iskorištavanja. Međutim, predstavlja tehnološko rješenje neovisno o organizacijskim problemima povezanim s iveranjem na pomoćnim stovarištima. Ako lokalne drvene kompanije nisu dovoljno dobro organizirane kako bi jamčile tijesnu operativnu suradnju, izradba svežnjeva postaje bolja opcija, posebice ako se radi sa sitnom granjevinom, čime se isključuje transport neusitnjenoga drvnoga ostatka.

Simulacije koje su provedene pokazuju da je izradba svežnjeva pogodnija od iveranja kada pro-

sječno vrijeme čekanja iverača dosegne 40 minuta po kamionu ili sat i pol po kamionskom skupu. Ako izradba svežnjeva također omogućuje transport kamionskim skupom, a ne samo kamionom, iveranje je na pomoćnom stovarištu povoljnija opcija samo ako prosječno vrijeme čekanja po kamionu ne premašuje 20 minuta.

Naravno, takvi rezultati ovise o određenim procjenama troškova koji su prethodno opisani. Različiti se zaključci mogu donijeti pod drugačijim pretpostavkama, kao što su manje intenzivno iskorištavanje strojeva, prestanak javnih subvencija ili obavljanje rada pri marginalnim troškovima. U tu svrhu čitatelje se potiče da traže i koriste navedene podatke za izračunavanje troškova iskorištavanja pod uvjetima specifičnima za korisnika.

## Zahvala

Godine 2003. CNR je započeo novi projekt isplativoga pridobivanja šumskoga iverja u alpskim šumama sjeveroistočne Italije. Projekt je dobio sponzorstvo 14 različitih organizacija, uključujući šumske službe pokrajina Trentino, Veneto i Friuli-Venezia Giulia, te glavnih udruženja vlasnika šuma toga područja. Provedeno je dvadeset terenskih istraživanja u različitim sastojinama i uvjetima, koji su doveli do izradbe nekoliko modela proračuna. Cjelokupni rezultati sažeti su u knjižici *Smjernice za razvoj lanaca dobave šumskoga iverja*, koja je dostupna i na engleskome. Elektronička inačica knjige može se zatražiti dopisom autoru na adresu: spinelli@ivalsa.cnr.it

## 5. Literatura

Andersson, G., 1999: New technique for forest residue handling – Proceedings of the Forest Engineering International Conference, Edinburgh, 28–30 June 1999, 6 str.

Cuchet, E., P. Roux, R. Spinelli, 2004: Performance of a logging residue bundler in the temperate forests of France. *Biomass i Bioenergy*, 27: 31–39.

Johansson, J., J. Liss, T. Gullberg, R. Bjorheden, 2006: Transport i handling of forest energy bundles – advantages i problems. *Biomass i Bioenergy*, 30(4): 334–341.

Kanzian, C., 2005: Bereitstellung von Waldhackgut: Verfahren Energieholzbindeln im Gebirge. Universität für Bodenkultur Wien, Department für Wal- und Boden-Wissenschaft, 36 str.

Miyata, E. S., 1980: Determining fixed i operating costs of logging equipment. General Technical Report NC-55. Forest Service North Central Forest Experiment Station, St. Paul, MN, 14 str.

Ranta, T, S. Rinne, 2006: The profitability of transporting uncomminted raw materials in Finland. *Biomass i Bioenergy*, 30(3): 231–237.

Rawlings, C., B. Rummer, C. Seeley, C. Thomas, D. Morrison, H. Han, L. Cheff, D. Atkins, D. Graham, K. Windell, 2004: A study of how to decrease the costs of collecting, processing i Transporting Slash. Montana Community Development Corporation. Missoula (MT), 21 str.

SAS Institute Inc. 1999. StatView Reference. SAS Publishing, Cary, NC. p. 84–93. ISBN-1-58025-162-5

Spinelli, R., B. Hartsough, 2001: A survey of Italian chipping operations. CNR-IRL Contributi Scientifico-Pratici XLI, Firenze, 112 str.

Spinelli R., N. Magagnotti, 2005: Recupero di biomassa residua nel taglio a gruppi in fustaia Alpina. *Dendronatura*, 2: 49–60.

Spinelli, R., C. Nati, N. Magagnotti, 2006: Recupero di biomassa: alcune utilizzazioni di boschi Alpini. *Sherwood*, 119: 1–7.

Spinelli, R., N. Magagnotti, C. Nati, M. Aguanno, 2006b: Produzione di biomassa dalla gestione delle peccete artificiali alpine. *Dendronatura*, 1: 23–30.

Wittkopf, S., 2004: Einsatz der Bündelmaschine Fiberpac. *LWF Aktuell*, 48: 24–26.

---

Adresa autorâ:

Raffaele Spinelli  
e-mail: spinelli@ivalsa.cnr.it  
Carla Nati  
e-mail: nati@ivalsa.cnr.it  
Natascia Magagnotti  
e-mail: magagnotti@ivalsa.cnr.it  
CNR/IVALSA  
Via Madonna del Piano – Palazzo F  
I-50019 Sesto Fiorentino (FI)  
ITALY