



DiSAA

DIPARTIMENTO
di SCIENZE
AGRARIE e
AMBIENTALI



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE
E AMBIENTALI - PRODUZIONE,
TERRITORIO, AGROENERGIA

Università della Montagna
Via A. Morino 8, 25048 Edolo



Progetto *“USEFOL – Approcci innovativi per la valutazione della fornitura di servizi ecosistemici in foreste lombarde”*
finanziato da Regione Lombardia (Progetti di Ricerca in campo agricolo e forestale – BANDO 2018)

CANTIERI DI MECCANIZZAZIONE FORESTALE IN AMBIENTE ALPINO: CRITERI DI SCELTA TECNICO-OPERATIVA E COSTI

Prof. Marco Fiala (marco.fiala@unimi.it; 02 503 16868), Dr. Luca Nonini (luca.nonini@unimi.it; 02 503 16694)



Università degli Studi di Milano
Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali. Produzione, Territorio, Agroenergia
Via G. Celoria 2, 20133 Milano

Seminario Corso di Laurea Triennale in
Valorizzazione e Tutela dell'Ambiente e del Territorio Montano
Edolo, 20 aprile 2023



OPERAZIONI E MACCHINE FORESTALI: GENERALITA'

Introduzione: meccanizzazione forestale e impiego a cascata del legno

Impiego **Trattori e Macchine Operatrici (MO)** per **recupero** (raccolta e trasporto) **in sicurezza** biomassa legnosa

BENEFICI

- ✓ Aumento produttività lavoro (m^3/h , t/h TQ, t/h SS);
- ✓ riduzione costi unitari produzione ($€/m^3$; $€/h$; $€/t$ TQ; $€/t$ SS)
 - ✓ miglioramento qualità lavoro;
 - ✓ miglioramento condizioni sicurezza;
 - ✓ riduzione sforzo fisico operatori;

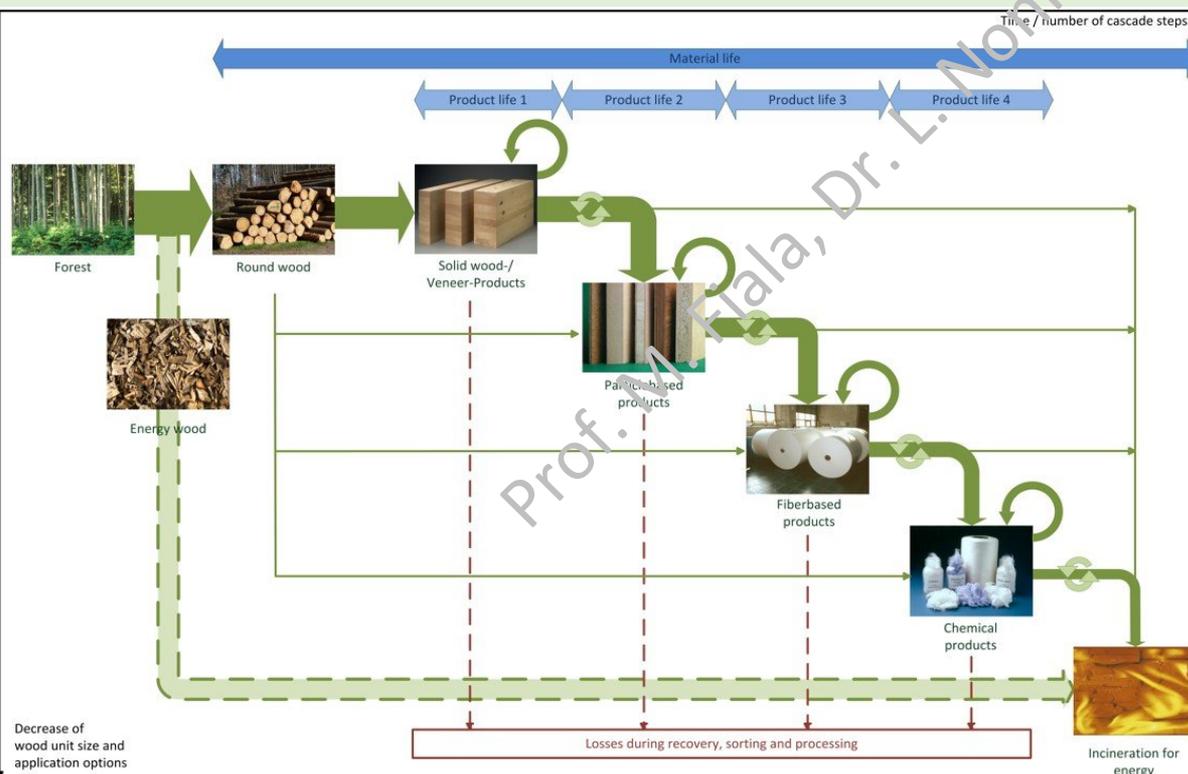
«Uso a cascata» del legno

Impiego utilizzo ed energetico



APPROVVIGIONAMENTO RAZIONALE
E SOSTENIBILE BIOMASSA

*Obiettivo primario lavori di
utilizzazione forestale*



Strategia forestale EU

Gestione attiva



Wood mobilization

IMPIEGO A CASCATA

Generazione di prodotti a maggior valore aggiunto e **impiego energetico** solo quando altre alternative non più percorribili

FASI

OPERAZIONI

- 1 TAGLIO E ALLESTIMENTO
- 2 MOVIMENTAZIONE LEGNAME ALLESTITO
- 3 CARICO E CONFERIMENTO

- Abbattimento (+ sramatura e sezionatura)
- Concentramento ed esbosco biomassa da punto di abbattimento e allestimento a imposto
- (Cippatura), carico e trasporto a utente finale (segheria, impianto teleriscaldamento-cogenerazione)



TIPOLOGIE MACCHINE

La definizione della tipologia di macchina dipende anche da altri parametri.

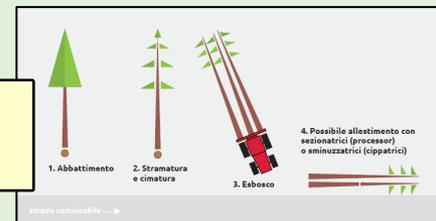
1- LEGNO CORTO

Esbosco fusto e biomassa residuale sezionati in assortimenti definitivi; **legna da ardere (ET dispositivi domestici)**



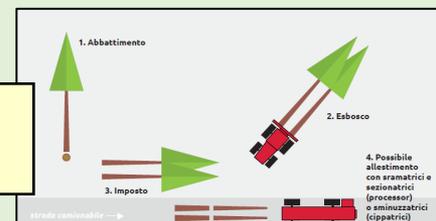
2 - FUSTO INTERO

Esbosco fusto sramato **non sezionato**; **legna da ardere (ET), tondame (travi/paleria)**



3 - PIANTA INTERA

Esbosco fusto intero; **legna da ardere (ET), tondame (travi/paleria), cippato (ET, EE imp. TLR)**



Operazione	Metodo di lavoro		
	Legno corto	Fusto intero	Pianta intera
Abbattimento		Motosega	Motosega
Sramatura	Motosega	Motosega	Motosega; TR + processore
Sezionatura		Motosega; TR + processore	Motosega; TR + processore
Concentramento	TR + verricello; TR + carro; TR + pianale di carico; teleferica	TR + verricello; teleferica	TR + verricello; teleferica
Esbosco	TR + verricello; TR + pianale di carico; teleferica	TR + verricello; teleferica	TR + verricello; teleferica
Cippatura	-	-	Cippatrice
Carico e trasporto	TR + carro; TR + pianale di carico	TR + carro, TR + pianale di carico; autocarro	TR + carro, TR + pianale di carico; autocarro

ABBATTIMENTO PARZIALMENTE MECCANIZZATO

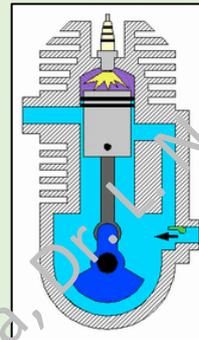
MOTOSEGA + DPI



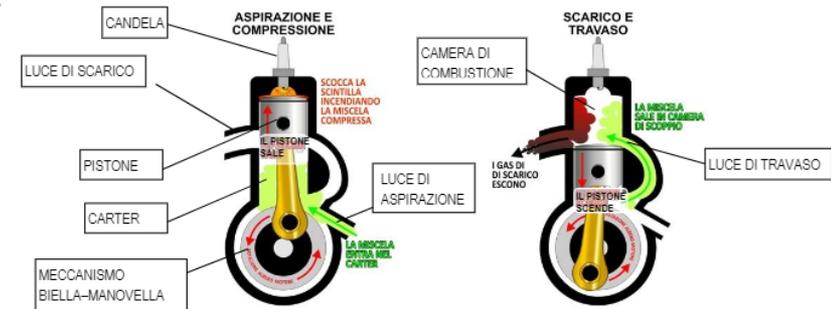
Standard tecnici ed ergonomici elevati (freno catena, blocco acceleratore, paramani impugnatura anteriore e posteriore, dispositivi antivibranti, silenziatori di scarico, protezione catena durante trasporto, impugnature riscaldabili)

DPI fondamentali per evitare infortuni

Kick-back e inciampo



FUNZIONAMENTO



Motore combustione interna 2 tempi monocilindrico (miscela → benzina+ olio 2%)

Tipologia motosega	Cilindrata (cm ³)	Potenza motore (kW)	Massa (kg)
Leggera	30-50	1,5-2,2	4-6
Media	50-75	2,3-3,6	6-8
Pesante	75-100	3,7-5,1	8-10
Super pesante	100-130	5,2-6,5	10-15

Produttività: 1 (tagli intercalari) - 3 (tagli maturità) m³/h

(0,5-1,5 t/h SS)

Specie arboree e condizioni di lavoro (forma di governo, diametro e distanza alberi, pendenza e accidentalità terreno)

Densità basale media 0,5 kg SS/m³ TQ

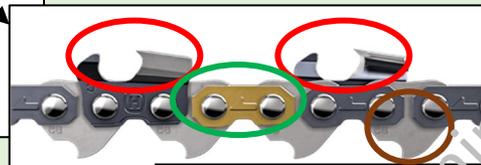
Fondamentale esprimere la produttività in termini massici (t/h sostanza secca; umidità = 0%) e non volumetrici (m³/h).
Quantità reale che la macchina è in grado di lavorare nell'unità di tempo



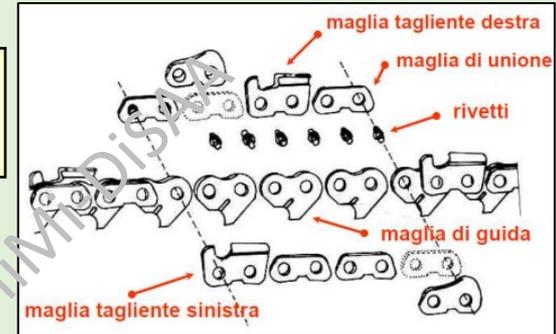
ABBATTIMENTO PARZIALMENTE MECCANIZZATO



Taglio: catena dentata rotante su una barra di guida; sostegno, controllo e azionamento → operatore (leve di comando e controllo)



Catena 3 tipi di maglie « a tre file»: **unione**, **guida**, **denti** (di destra e sinistra)



Lubrificazione con olio contenuto in serbatoio; funzionamento pompa olio modulabile



Raffreddamento ad aria (ventola)

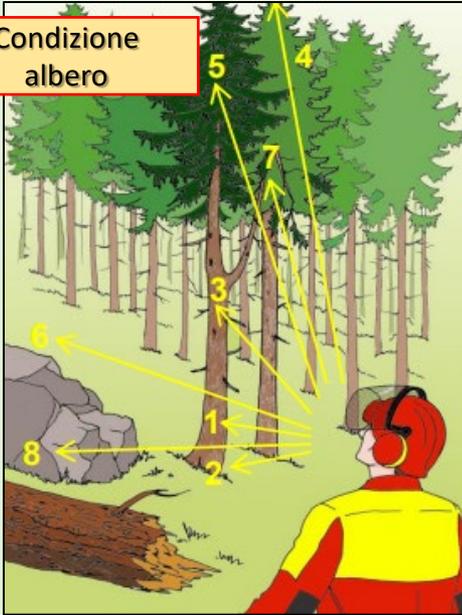


Regime rotazione motore molto elevato (12-14.000 giri/min) → elevate velocità della lama (15-30 m/s). Importante il valore della coppia motrice (Nm) necessaria per vincere la resistenza al taglio

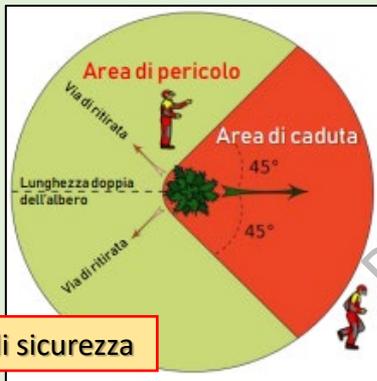
ABBATTIMENTO PARZIALMENTE MECCANIZZATO

TECNICHE ABBATTIMENTO

Condizione
albero



VALUTAZIONI PRELIMINARI



Area di sicurezza

1

diametro (d) < 10 cm: un unico taglio obliquo, il più possibile vicino alla superficie del terreno, con direzione opposta a quella di caduta;



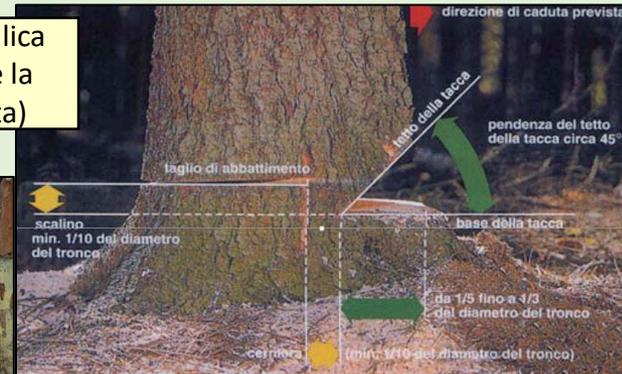
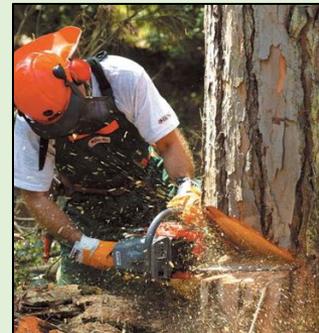
2

$10 \leq d < 20$ cm: due tagli: **tacca direzionale** in direzione di abbattimento + **taglio di abbattimento vero e proprio** (2-3 cm più in alto rispetto al precedente);

3

$d \geq 20$ cm: due tagli: **tacca direzionale** in direzione di abbattimento + **taglio di abbattimento vero e proprio** (scalino 1/10 diametro);

Trifor (paranco a fune metallica che permette di imprimere la direzione corretta di caduta)



ABBATTIMENTO TOTALMENTE MECCANIZZATO

Macchina abbattitrice-accatastatrice

Macchine poco diffuse in aree alpine Italiane

TR/escavatore/macchina motrice + pinza con bracci metallici + organo taglio



FELLER-BUNCHER

Catena



Abbattimento di piante a fusto singolo e omogeneo (fustaie) + accatastamento in fastelli (5-8 fusti) per facilitare operazione di esbosco

Taglio netto (no crepature e sbavature corteccia) a 20 cm. da terra; d max 60-80 cm

Produttività: 17-40 m³/h
(8,5-20 t/h SS)

Disco

Denti a sezione quadra ruotabili



Piante a fusto singolo o polloni omogenei (difficoltà polloni molto inclinati) e impiego su **terreni accidentati**

Impiego su motrici leggere con cingoli (mini-caricatori idrostatici e escavatori piccola-media potenza)

Produttività: 5-20 m³/h
(2,5-10 t/h SS)

Cesoia



Vantaggi: (i) polloni molto vicini tra loro e non uniformi (max 6); (ii) < richiesta idraulica rispetto a sistema a disco; (iii) massa ridotta; **svantaggi:** (i) lame tendono a spaccare i fusti/ceppaie (no taglio netto)

Produttività: 8-12 m³/h
(4-6 t/h SS)

Accatastamento



Trasporto



Impianti lineari e arboreti da biomassa

SRAMATURA

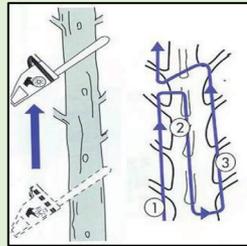
Rimozione rami da pianta → fusto di dimensioni e forma regolare senza sporgenze e irregolarità



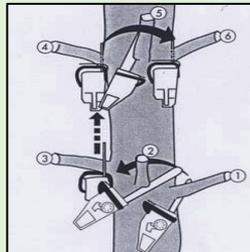
Conifere

MOTOSEGA + DPI

(1) A pendolo: rimozione rami che si incontrano nello **spostamento longitudinale** (1 m max) con la motosega lungo il tronco; metodo ideale tutte le volte che ci si trova in presenza di **numerosi rami sottili** (diametro < 3 cm) e **molto ravvicinati** (distanze minori di 20 cm)

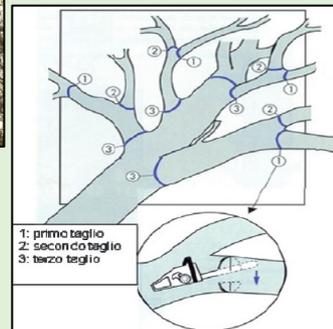


(2) A leva: leva sul fusto per riduzione sforzo; rimozione rami $d > 3$ cm



Latifoglie

(1) Rami dimensioni troppo elevate da poter essere tagliati con i metodi impiegati per conifere → eliminazione rami partendo da estremità e procedendo progressivamente verso punto di inserimento sul fusto



SEZIONATURA (DEPEZZATURA)

Sezionamento del fusto sramato in più parti di lunghezza variabile in base all'assortimento commerciale richiesto



TONDAME

MOTOSEGA + DPI



(1) tronchi (o toppi da sega): lunghezza 4,00 m e diametro medio minimo 18-20 cm;

(2) botoli (o bottolame): parte basale dei fusti **potenzialmente difettose**; lunghezze 2,20 m - 3,50 m;

(3) travatura: tronchi lunghezza $\geq 5,00$ m; diametro medio minimo 25 cm;

(4) legname da imballaggio: tronchi con difetti o qualità inferiore rispetto tronchi da sega; lunghezze 2,40-4,80-6,00 m;

(5) paleria: lunghezza ≥ 4 m, diritto, poco nodoso, diametro medio max 23 cm

LEGNA DA ARDERE



(1) Spacconi e tondelli
lunghezza 0,5-1 m



(2) Tronchetti
lunghezza 0,25; 0,30; 0,50 m



(3) Ciocchi: spacconi e tondelli
lunghezza 0,25; 0,30 m

ABBATTIMENTO-SRAMATURA-SEZIONATURA

HARVESTER



Macchine ad alta evoluzione tecnologica ma *poco diffuse nell'arco alpino*

Unità motrice + gru + testata combinata



Macchina motrice



Trattore 4RM



Escavatore

Produttività: 12-20 m³/h (6-10 t/h SS)

Conifere, pioppeti, cedui castagno e robinia

Maggiormente impiegata per ragioni economiche

Macchina polivalente

Testata combinata

Cabina girevole autoillevante



4-6-8 ruote con catene o cingoli (gomma acciaio) → pendenze fino a 60%

Computer di bordo (lunghezze e diametri assortimenti, pressione coltelli sramatura e accelerazione rulli)

Coltelli per sramatura

Rulli trascinamento (gomma o metallo)

Organo di taglio (sega a catena)



Portata olio idraulico > 200 dm³/min

SRAMATURA-SEZIONATURA

PROCESSORE



Testata montata su Trattore, escavatore macchine motrici appositamente predisposte

allestimento piante all'imposto, esboscate intere con gru a cavo

Coltelli per sramatura

Rulli trascinamento (gomma o metallo)



Applicazione su conifere (ridotta ramosità)



Produttività: 15-40 m³/h
(7,5-20 t/h SS)

Produttività: 10-15 m³/h
(5-7,5 t/h SS)



(SCORTECCIATURA)

Asportazione corteccia fa fusti sramati e depezzati (imposto o segheria)

SCORTECCIATRICI

Organo tagliente su fustate di latifoglie con forma irregolare

Produttività: 40-50 m³/h
(20-25 t/h SS)

Testa fresante



Coltelli incisori raschiatori fustate di conifere con forma regolare

Produttività: 5-15 m³/h
(2,5-7,5 t/h SS)

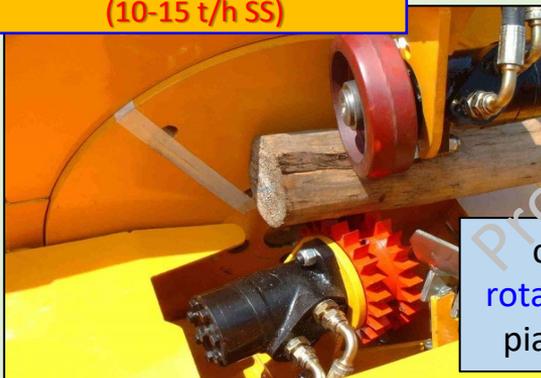
Rotore



Produttività: 20-30 m³/h
(10-15 t/h SS)

coltelli montati su un disco rotante (asse perpendicolare alla pianta); per tronchi da cartiera

Disco



Produttività: 40-50 m³/h
(20-25 t/h SS)

Grosso cilindro rotante in cui i tronchi perdono la corteccia per abrasione urtando tra loro

Tamburo



Operazione effettuata in bosco solo se conferimento biomassa a segheria non immediato

CONCENTRAMENTO ED ESBOSCO

TR + VERRICELLO

Per via terrestre

Esbosco a strascico (legno corto) / fusto intero / pianta intera (conifere)

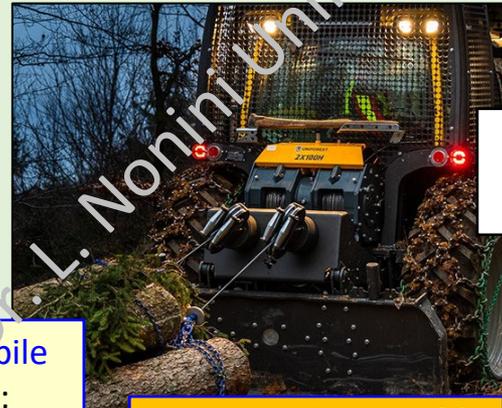


Verricello **portato** (sollevatore **pdp**)

condizioni operative «non complesse»



Verricello **imbullonato** al telaio del TR (**pdp** o circuito idraulico)



Produttività: 2-6 m³/h (1-3 t/h SS)

TR forestale: (i) **peso** prevalentemente su assale anteriore e (ii) **protezione** organi di trasmissione e altre componenti

- (1) avvicinare la biomassa non direttamente raggiungibile (accidentalità, pendenza, forte densità soprassuolo);
- (2) riunire insieme più tronchi → TR non deve volta in volta raggiungere e caricare ogni singolo tronco; **distanza max = 500 m (convenienza economica)**

Strascico **indiretto**: concentramento del legname mentre il trattore resta fermo; lo scudo a contatto con il terreno, mantiene il trattore fermo, evitando che retroceda

Strascico **diretto**: trascinamento del legname lungo la via di esbosco con TR in movimento

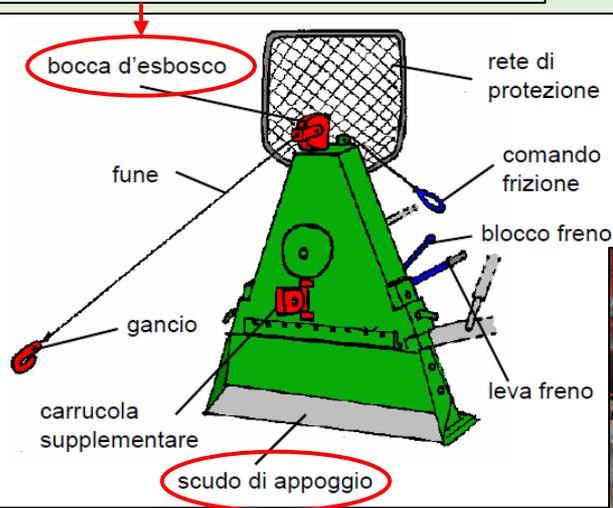
Impiego di macchine differenti a seconda delle condizioni operative



CONCENTRAMENTO ED ESBOSCO

Per via terrestre

Carrucola incernierata a bandiera in cui passa la fune → usura + controllo avvolgimento fune su tamburo



Trasmissione del moto con albero cardanico



Aggancio tronchi tramite catene, funi e ganci → + tronchi per singolo viaggio

(i) Ancoraggio a terra verricello, (ii) sollevamento tronchi durante concentrazione, (iii) protezione TR durante strascico diretto

circuito oleodinamico → verricelli più lenti e costosi di quelli a azionamento meccanico (5000-10000 € vs 3500-6500 €)

Caratteristiche principali di un verricello medio

Forza di trazione	60 kN
Numero tamburi	1-2
Lunghezza fune	80-100 m
Diametro fune	0,01-0,012 m
Massa complessiva	0,5 t



Tronchi sollevati da terra per evitare attrito e resistenza a avanzamento

Produttività: 2-6 m³/h
(1,5-3 t/h SS)



Verricelli leggeri indipendenti → aree impervie e difficilmente raggiungibili da TR

CONCENTRAMENTO ED ESBOSCO

Per via terrestre

Esbosco legno corto

Produttività: 5-12 m³/h
(2,5-6 t/h SS)



TR + PIANALE CARICO

Baricentro basso, ruote motrici larga sezione e bassa pressione, ampia luce libera da terra

TR + CARRO



TR a doppia trazione + contenitori acciaio sollevatore idraulico posteriore (massa carico: 1,2 – 2,4 t) e anteriore (0,3-1,2 t)

Pendenza ≤ 50%; d max: 600 m

Sollevatore + Pdp TR



Potenza motore: 100-200 kW; v max: 30 km/h

Azionamento pinza mediante martinetto idraulico

TR + GABBIE

Produttività: 3-7 m³/h
(1,5-3,5 t/h SS)



Esbosco legno corto per legna da ardere (ceduo)

Capacità di carico e velocità minore rispetto a TR con pianale e carro

(1) possibilità di effettuare l'operazione con un unico operatore, (ii) aggancio di più fusti (max 8-10) fin base a diametro contemporaneamente

Incorporata in TR



4 ruote motrici iso-diametriche

TR / MO MOTRICE + PINZA
(GRAPPLE SKIDDER)

Praticamente inesistenti nell'arco alpino

CONCENTRAMENTO ED ESBOSCO

Per via aerea

condizioni operative «complesse»

TELEFERICHE

Gru a cavo stazione motrice mobile



Carico del materiale lungo tutta la lunghezza della linea

Gru a cavo stazione motrice semifissa

4-6 viaggi/h esbosco in discesa con $d \leq 600$ m; 2-4 viaggi/h esbosco salita con $d > 600$ m



Motore diesel (70-140 kW)

Argano montato su telaio a slitta con ruote smontabili

Convenienza economica:
0,2 m³ di legname ogni m lunghezza linea

Produttività: 3-12 m³/h (1,5-6 t/h SS)

Impianto		Potenza motore (kW)	Lunghezza massima linea (m)	Entità del carico massimo (kg)	Senso prevalente dell'esbosco
Tradizionale	Leggero	20-30	400-600	600-1000	Salita
	Medio	30-40	600-800	1000-1500	Discesa
	Pesante	>40	1000-1500 (2000)	1500-2000	Discesa
Stazione motrice mobile bifune	Leggero	40-70	300-400	600-800	Salita
	Medio	70-120	600-1000	1000-1500	Salita

CIPPATURA



CIPPATURA INTEGRALE

Ramaglia e scarti lavorazione (+ fusto)



Scaglie lunghezza 8-60 mm; spessore 5-15 mm)

VALORIZZAZIONE ENERGETICA E ECONOMICA DI BIOMASSA ALTRIMENTI INUTILIZZATA

CIPPATRICE

Produttività: 10-200 m³/h
(2-45 t/h SS)

Alimentazione organo taglio: gru idraulica + pinza o manuale

Diametro albero e potenza macchina

Tamburo



cilindro Ø 80-100 cm con 1-4 coltelli

Disco



disco Ø 80 cm con 2-4 coltelli

Vite senza fine



Coclea rotante su asse orizzontale

CARICO E TRASPORTO A UTENTE FINALE



$d \leq 15$ km

TRATTORE + CARRO



$d \leq 15$ km

TR + PIANALE CARICO



$d > 15$ km

AUTOCARRO/AUTOARTIC.

Sceita tipologia macchina → caratteristiche strade forestali e distanza da percorrere.

Classi transitabilità strade forestali (Regione Lombardia 2008)

Classe di transitabilità	Mezzi	Carico ammissibile (t)	Larghezza minima (m)	Pendenza prevalente (%)	Pendenza massima con fondo naturale (%)	Pendenza massima con fondo stabilizzato (%)	Raggio dei tornanti (m)
I	Autocarri	25	3,5 (**)	<10	12	16	9
II	Trattori con rimorchio	20	2,5 (**)	<12	14	20	8
III	Piccoli trattori (*)	10	2,0	<14	16	25	6
IV	Piccoli automezzi	4	1,8	14	>16	>25	<6



Cantiere «tipo» in Valle Camonica per produzione legno cippato fini energetici

ABBATTIMENTO



Motosega + dpi

CONC. + ESBOSCO



M. pianta intera

Gru a cavo sm;
verricello

SRAM. + SEZ.



Motosega

CIPPATURA



Cippatrice

TRASPORTO



TR + carro

SEGMENTO DI
TRASFORMAZIONE
(IMPIANTO TELERISCALDAMENTO)



SEGMENTO DI PRODUZIONE
(CANTIERE MECCANIZZAZIONE)

CIPPATURA INTEGRALE CEDUO vs CIPPATURA BIOMASSA RESIDUALE FUSTAIA CONIFERE

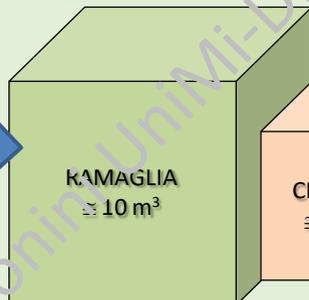
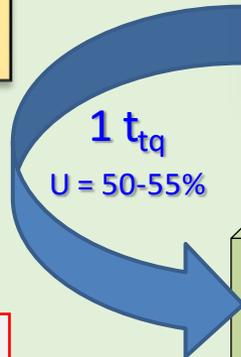


Cippato U = 40-50%;
250-350 kg/m³

Cumulo con essiccazione naturale:
diminuzione contenuto acqua e aumento
«contenuto energetico»



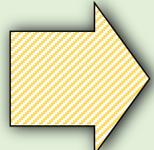
In base a assortimento notevoli
variazioni di volume a parità di
massa



Spazio necessario, costi

PARAMETRI ENERGETICI

1. Contenuto idrico (% TQ);
2. Contenuto in ceneri (% SS);
3. Pezzatura (mm);
4. Potere calorifico superiore e inferiore (MJ/kg SS);
5. Massa volumica apparente (kg/m³);
6. Potere calorifico netto (MJ/kg TQ);
7. Densità energetica (MJ/m³)



Qualità biocombustibile →
efficienza di conversione
energetica



EQUIVALENTE ENERGETICO:
1 kg gasolio ≈ 4-5 kg cippato (U = 40%)
1 kg cippato (U = 40%) ≈ 0,20-0,30 kg gasolio

GASOLIO



CIPPATO





CANTIERI DI LAVORO: CRITERI DI SCELTA TECNICO-OPERATIVA

Operazioni forestali (OP) per recupero biomassa: **sequenza temporale**

Sistema produzione

Assortimento legnoso

Metodo di lavoro

Livello tecnologico macc.

Caratteristiche bosco

Specie arborea

Modalità gestione

Dimensione alberi

Condizioni lavoro sito-specifiche

Massa legnosa raccolta

Accessibilità bosco

Caratteristiche strade

Organizzazione impresa forestale

Organizz./direzione lavori

Preparazione addetti

Vie di esbosco disponibili

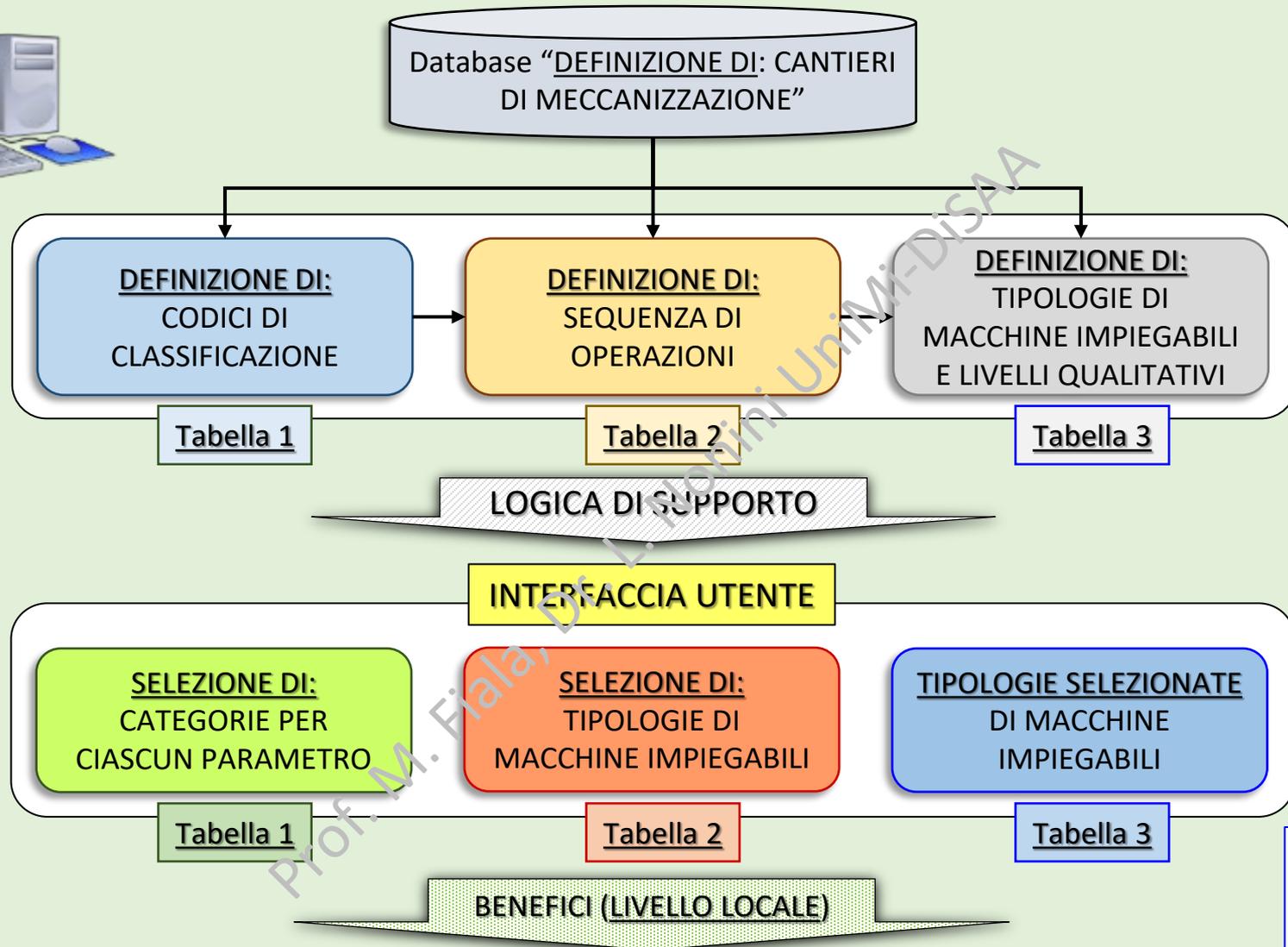


- 1) QUALI **OP** SONO CONDOTTE E CON QUALI **MACCHINE**?
 2) COME SCEGLIERE IL **CANTIERE DI MECCANIZZAZIONE OTTIMALE**?



Possibilità impiego macchine diverse per stessa OP nelle medesime condizioni operative.
 Sequenza temporale OP f (organizzazione lavoro e caratteristiche filiera)

Operazione	Metodo di lavoro		
	Legno corto	Fusto intero	Pianta intera
Abbattimento	prima	prima	prima
Sramatura	seconda	seconda	quarta
Sezionatura	terza	quinta	quinta
Concentramento	quarta	terza	seconda
Esbosco	quinta	quarta	terza
Cippatura	-	-	sesta
Carico e trasporto	sesta	sesta	settima



Aumento competitività tecnico-economica soggetti forestali (consorzi e imprese forestali → bilanci aziendali; decisori pubblici → impiego risorse umane e tecniche e pianificazione interventi);
Miglioramento sostenibilità complessiva (*economica, energetica e ambientale*) filiera

Database «DEFINIZIONE DI: CANTIERI DI MECCANIZZAZIONE»

Particella forestale classificata in base a:



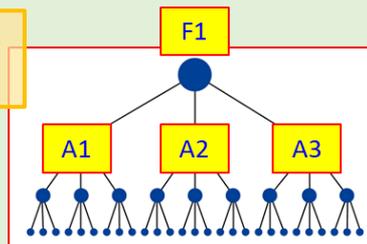
PIANI ASSESTAMENTO FORESTALE (PAF)

TABELLA 1 – DEFINIZIONE DI: CODICI DI CLASSIFICAZIONE

N°	Fattore Limitante	N°	Parametro Tecnico	Categoria	Sottocodice	
1	Caratteristiche della foresta	1	Modalità di gestione	Ceduo	F1	
		2		Fustaia	F2	
2	Caratteristiche del sistema produttivo	3	Assortimento legnoso	Legna da ardere	A1	
				4	Travi/paleria	A2
				5	Cippato	A3
		4	Metodo di lavoro	Legno corto	M1	
				Fusto intero	M2	
3	Condizioni operative sito-specifiche	5	Livello tecnologico macchine	Albero intero	M3	
				Basso	L1	
		6	Classe di transitabilità strada forestale	Medio-alto	L2	
				Medio-alta	T1	
7	Classe di accessibilità particella forestale	7	Massa legnosa recuperata	Medio-bassa	T2	
				Alta	AC1	
				Media	AC2	
				Bassa	AC3	
				$\leq 15 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ SS}$	H1	
				$> 15 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ SS}$	H2	

PARAMETRI E CATEGORIE

Combinazione sottocodici



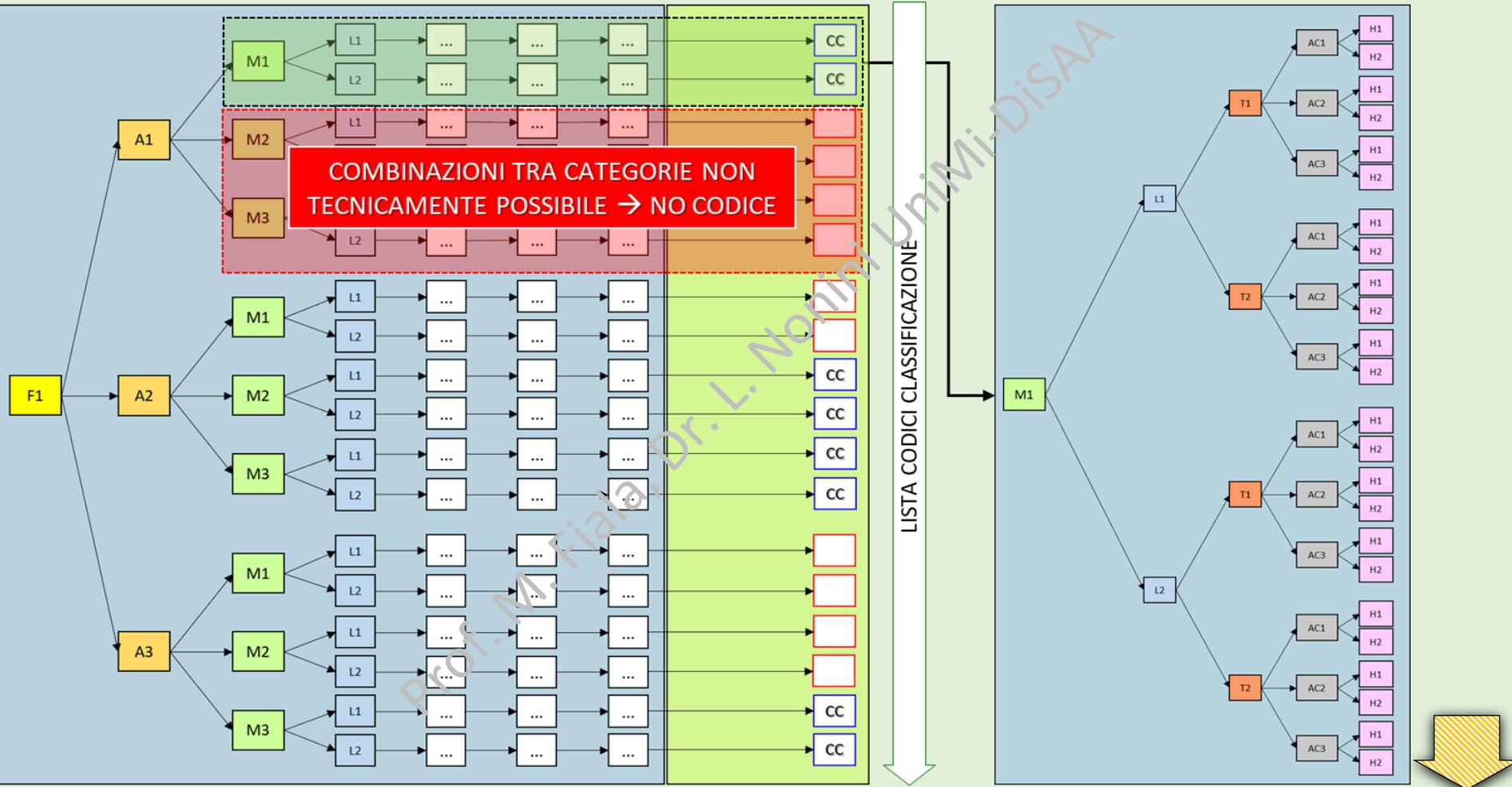
STRUTTURA GERARCHICA AD ALBERO:

Ciascuna categoria include tutte le categorie dei parametri successivi

TABELLA 1 – DEFINIZIONE DI: CODICI DI CLASSIFICAZIONE

PARAMETRI E CATEGORIE: STRUTTURA GERARCHICA AD ALBERO

CODICE CLASSIFICAZIONE



192 combinazioni → 192 CANTIERI DI LAVORO REALI → CODICE CLASSIFICAZIONE
(combinazione sottocodici associati a ciascuna categoria)

Combinazione sottocodici di tutte le categorie: 432 combinazioni → 432 CANTIERI DI LAVORO TEORICI

TABELLA 1 – DEFINIZIONE DI: CODICI DI CLASSIFICAZIONE

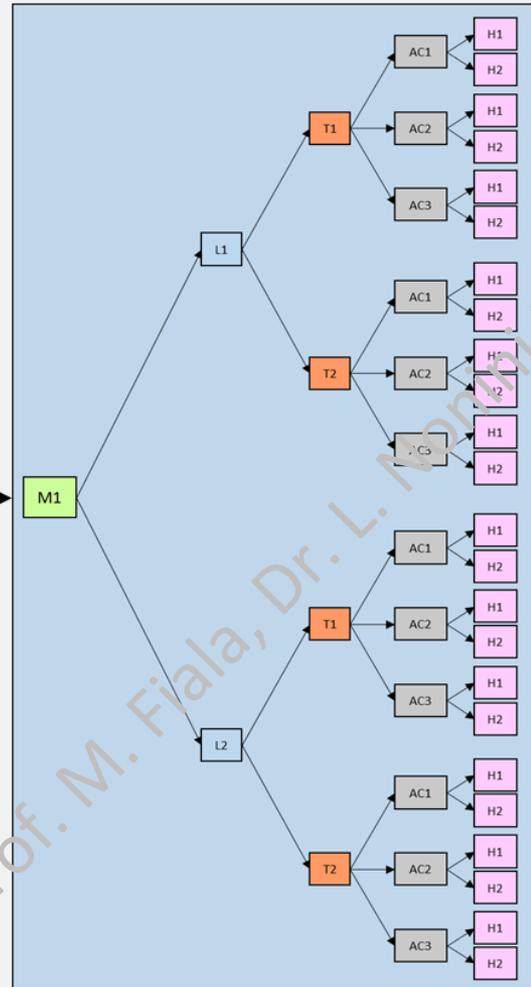
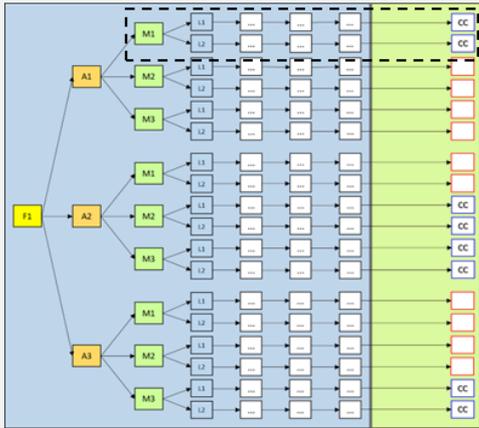
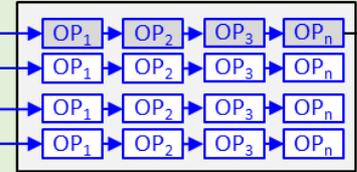
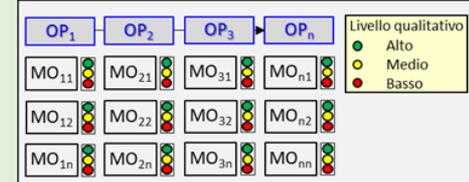


TABELLA 2 – DEFINIZIONE DI: SEQUENZA DI OPERAZIONI

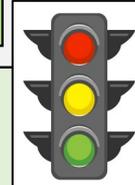


Per ciascun CC (→ sequenza OP)

TABELLA 3 – DEFINIZIONE DI: TIPOLOGIE DI MACCHINE IMPIEGABILI E LIVELLI QUALITATIVI

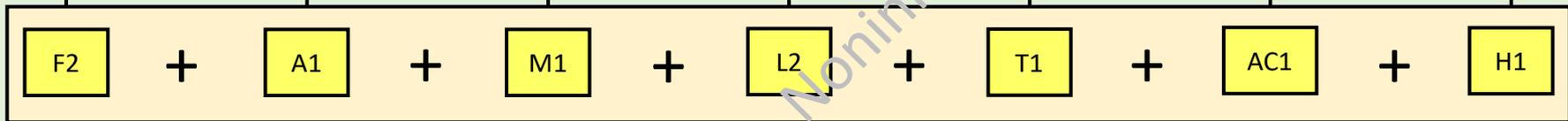


Livello qualitativo
Impiego
consigliato/sconsigliato +
Facilità d'uso
f (manovrabilità e maneggevolezza in
condizioni operative definite)



Elevata manovrabilità → elevata facilità d'uso → elevato livello qualitativo

Esempio



CODICE DI CLASSIFICAZIONE

F1A1M1L2T1AC1H1

Per ciascuna OP: tipologie macchine impiegabili e livelli qualitativi

OP₁	OP₂	OP₃	OP_n	Livello qualitativo ● Alto ● Medio ● Basso
MO ₁₁	MO ₂₁	MO ₃₁	MO _{n1}	
MO ₁₂	MO ₂₂	MO ₃₂	MO _{n2}	
MO _{1n}	MO _{2n}	MO _{3n}	MO _{nn}	

Sequenza temporale OP



INTERFACCIA UTENTE

TABELLA 1 – SELEZIONE DI: CATEGORIE PER CIASCUN PARAMETRO

Forma di governo	Assortimento legnoso	Metodo di lavoro	Livello tecnologico macchine	Classe di transitabilità	Classe di accessibilità	Massa recuperata						
Ceduo	F1	Legna ardere	A1	Legno corto	M1	Bassa	L1	Medio-alta	T1	Alta	AC1	≤ 16 t·ha ⁻¹
Fustaia	F2	Travi/paleria	A2	Fusto intero	M2	Medio-alta	L2	Medio-bassa	T2	Media	AC2	
		Cippato	A3	Albero intero	M3					Bassa	AC3	



Ricerca

CODICE DI CLASSIFICAZIONE (CC)

DATABASE DEFINIZIONE DI: CANTIERI DI MECCANIZZAZIONE

TABELLA 2: SELEZIONE DI: TIPOLOGIE DI MACCHINE IMPIEGABILI

LISTA CC

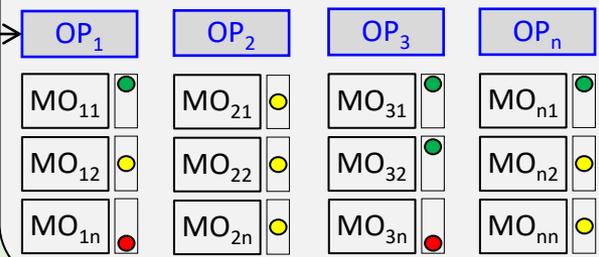
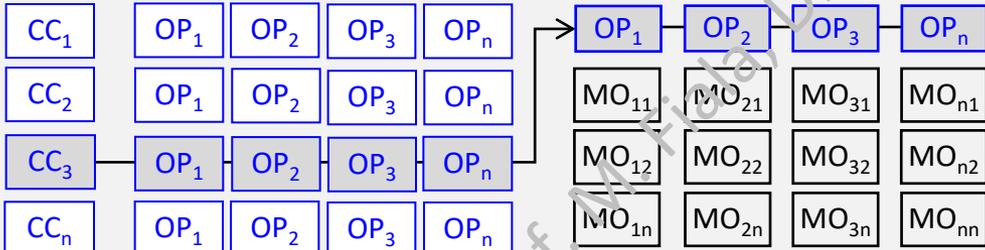
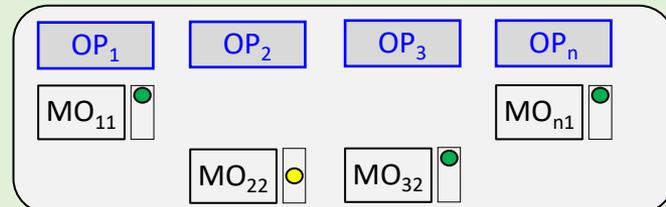
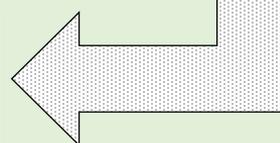


TABELLA 3: TIPOLOGIE SELEZIONATE DI MACCHINE IMPIEGABILI



Operatore



ORGANIZZAZIONE CANTIERE E PRODUTTIVITA' DEL LAVORO

DATI DI INPUT (UTENTE)

PARTICELLA FORESTALE



- Superficie interessata al taglio (ha);
- Specie legnosa;
- Volume legnoso prelevato (m³)

OP E MACCHINE



- Tempo disponibile (giorni);
- N. ore per addetto per turno;
- N. turni di lavoro per giorno ;
- N. addetti per 1 macchina;
- **Produttività lorda macchina (m³/h)**

DATI DI OUTPUT (RISULTATI)

- Tempo disponibile per addetto (h/addetto);
- Tempo necessario totale (h);
- N. macchine necessarie;
- Produttività lorda totale (t/h SS);
- N. addetti totali;
- Tempo necessario per 1 macchina (h).

INPUT PER

CALCOLO PARAMETRI AMBIENTALI E COSTI ECONOMICI OP E CANTIERE DI LAVORO



Metodologia CIOSTA: suddivisione OP in 13 fasi
(→ tempi) di lavoro.

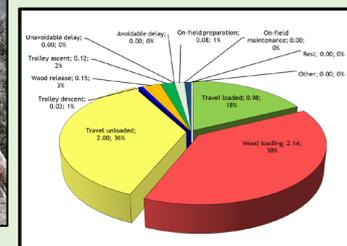


Concentramento ed esbosco, e trasporto:

- *Distanza (km);*
- *Velocità trascinamento biomassa e percorrenza A/R (km/h);*
- *Volume caricato per singolo viaggio (m³/viaggio);*
- **Tempi di lavoro (h).**

ORGANIZZAZIONE

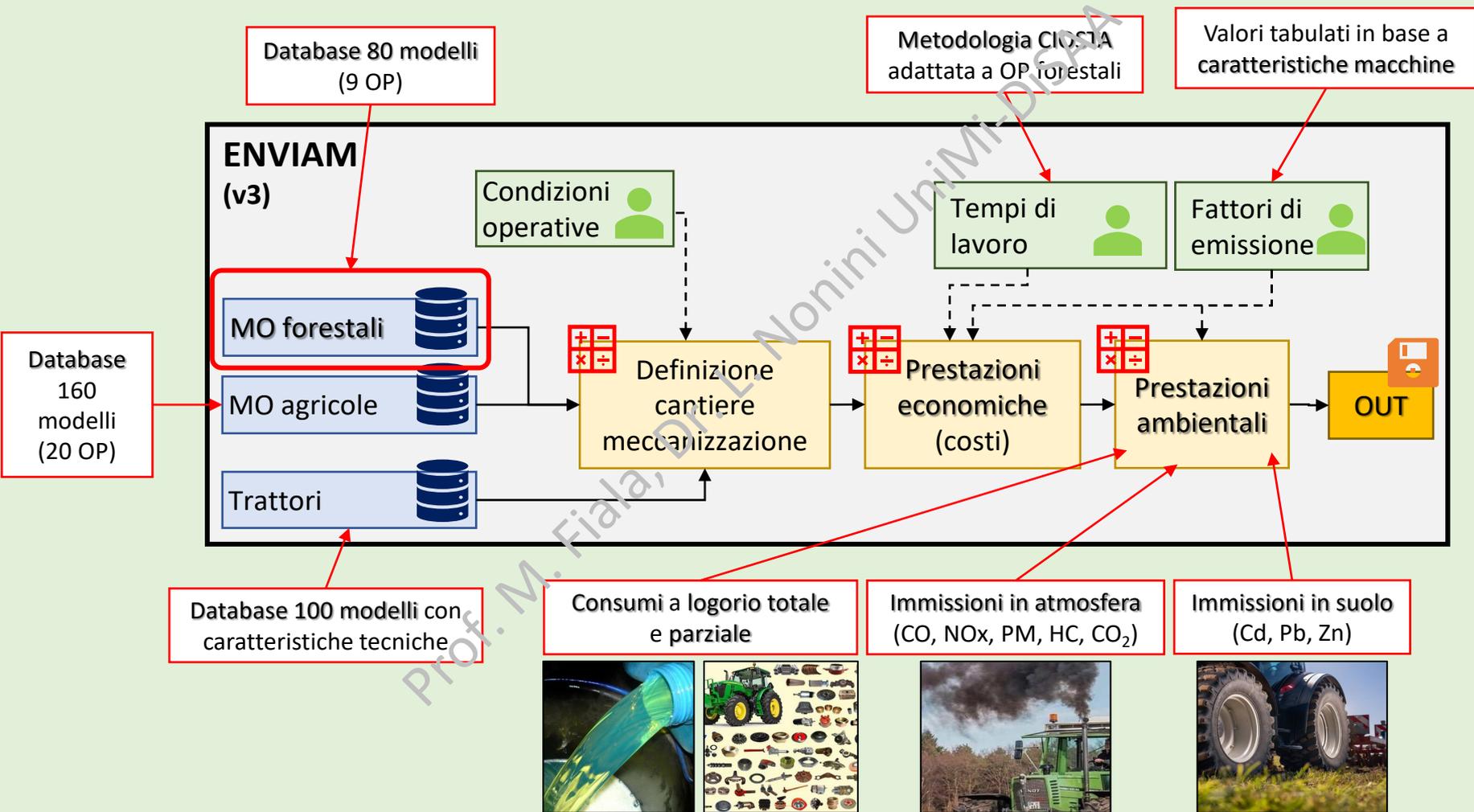
CANTIERE FORESTALE A OP CONCATENATE (HOT CHAIN) O INDIPENDENTI



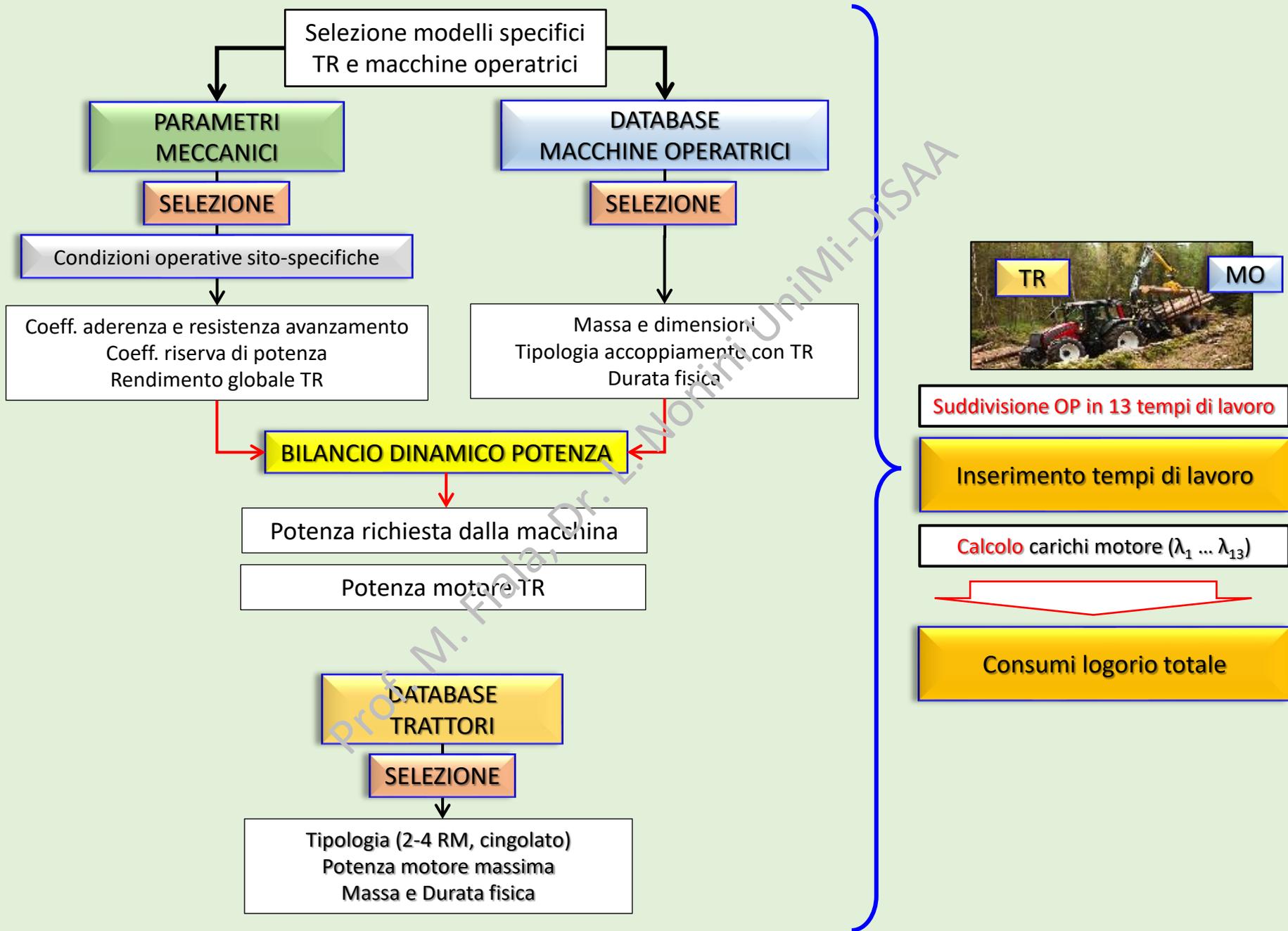


CANTIERI DI LAVORO: COSTI ECONOMICI E PARAMETRI AMBIENTALI

LOGICA GENERALE MODELLO DI CALCOLO



Modello «ENVironmental inventory of Agricultural Machinery operations» (ENVIAM v3) – 2



PRESTAZIONI ECONOMICHE (COSTI)

SOGGETTI FORESTALI PER REDAZIONE BILANCI DI ESERCIZIO; DECISORI PUBBLICI PER IMPIEGO RISORSE UMANE E TECNICHE E PIANIFICAZIONE INTERVENTI SELVICOLTURALI

PARAMETRI

Costi fissi

Costi variabili

Prezzo acquisto
Durata fisica
Obsolescenza tecnica
Impiego annuo reale
Tasso deprezzamento
Tasso di interesse
Quota spese varie (tasse, supervisione e gestione)

+

Quota di manutenzione e riparazione
Prezzo combustibile
Prezzo lubrificanti
Prezzo materiali impiegati
Costo manodopera (con oneri assicurativi, assistenziali e previdenziali)

CALCOLO COSTI

Fissi

Variabili

Deprezzamento finanziario
Spese varie

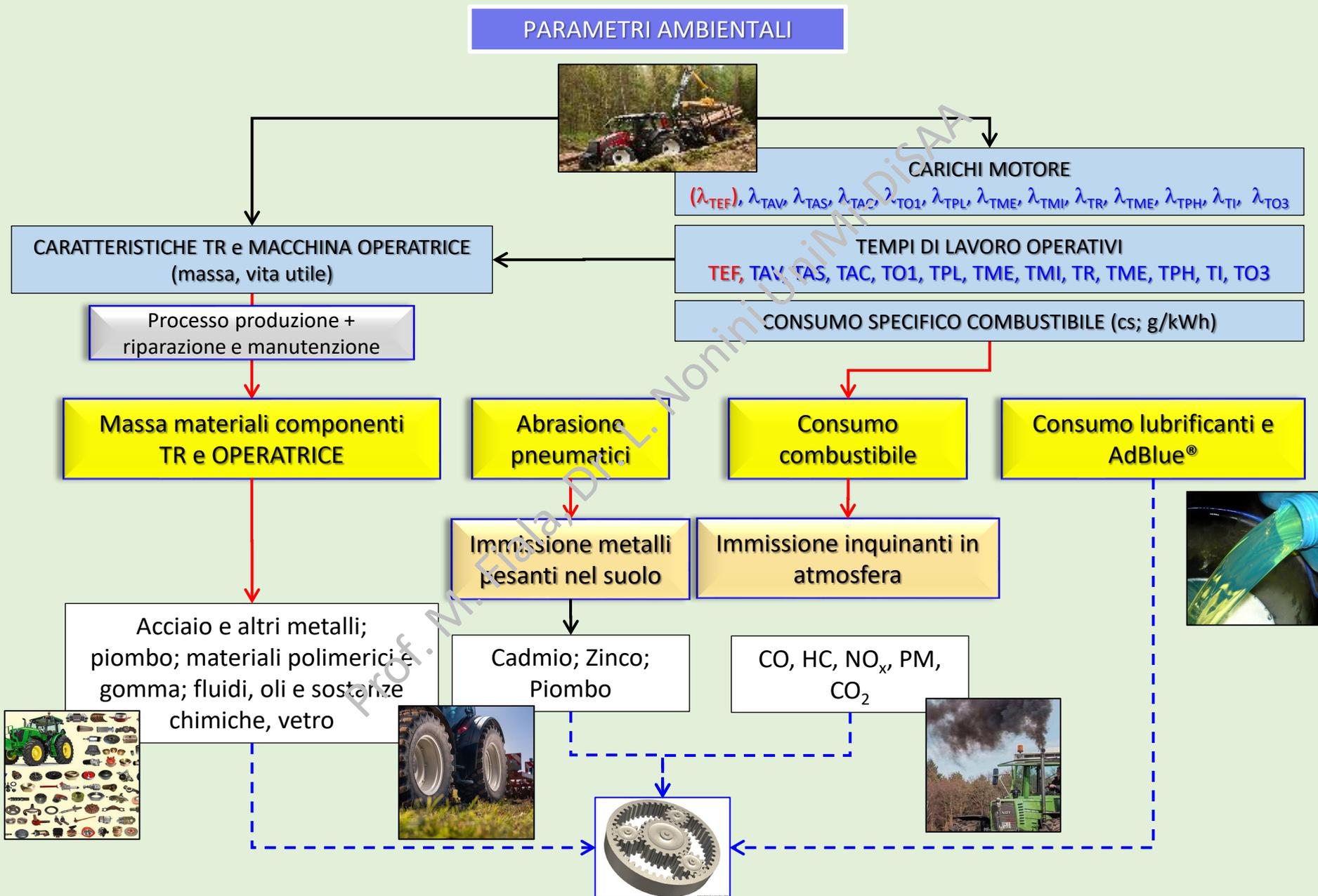
Combustibili, lubrificanti e altri materiali
Manutenzione e riparazione
Manodopera

COSTO OP
(€/h; €/m³; €/t SS; €)

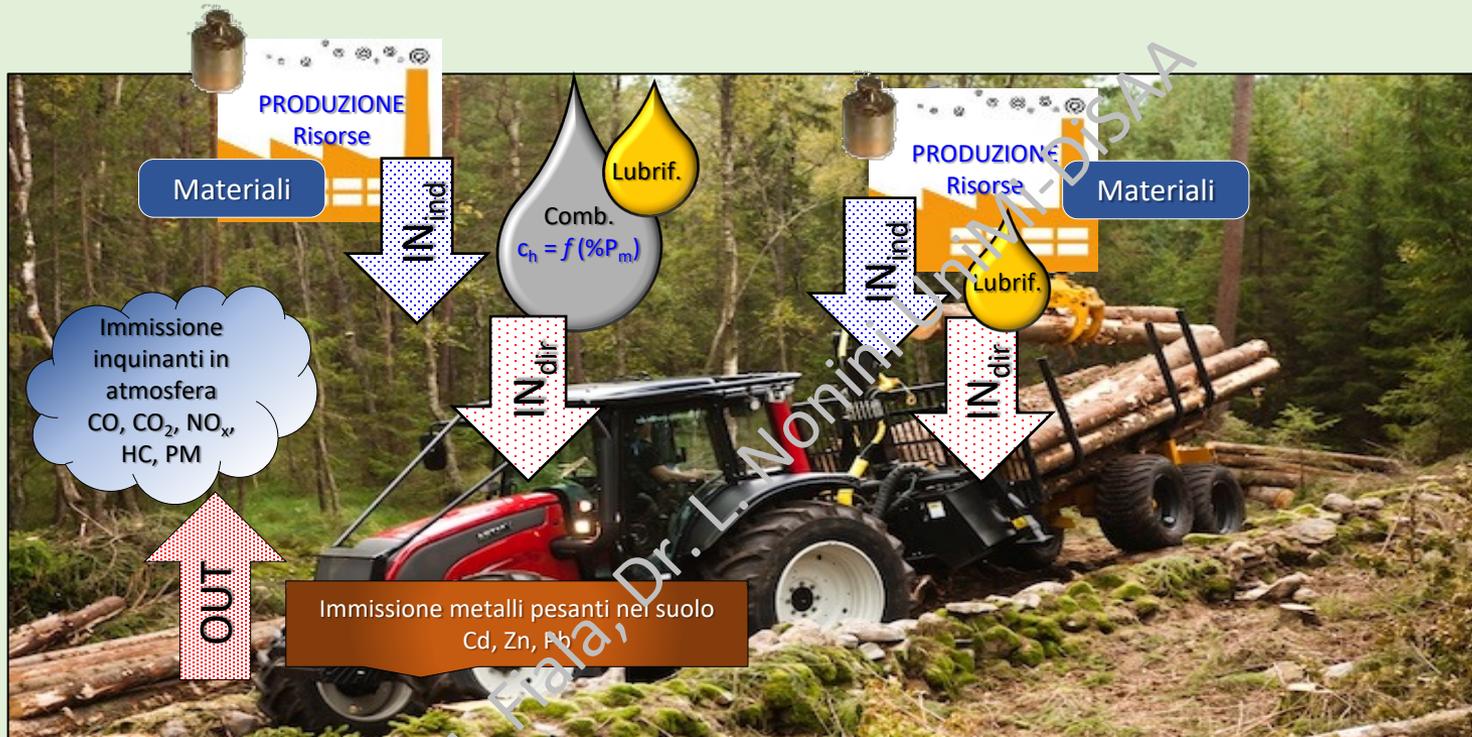
COSTO CANTIERE DI LAVORO
(€/h; €/m³; €/t SS; €)



Modello «ENVironmental inventory of Agricultural Machinery operations» (ENVIAM v3) – 4



PRESTAZIONI AMBIENTALI: (CONSUMI ED EMISSIONI)



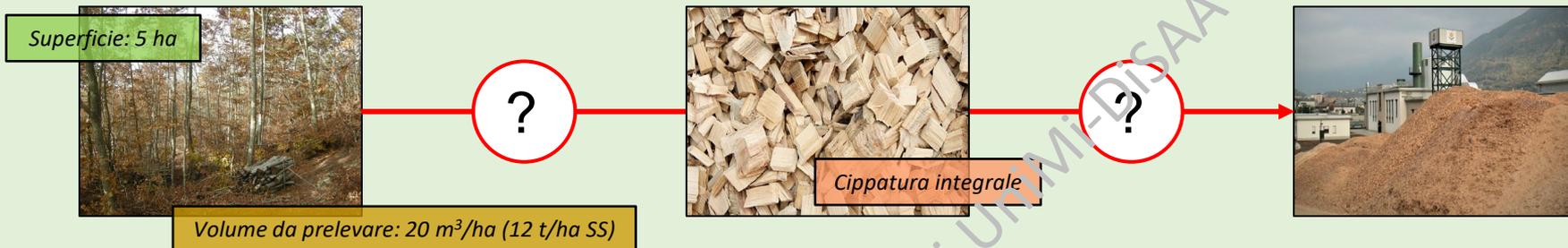
Come le macchine sono costruite (materiali componenti, energia)

CASA COSTRUTTRICE

Come le macchine sono utilizzate (materiali utilizzati, tempi di lavoro, ecc.)

SOGGETTO FORESTALE

PRODUZIONE CIPPATO PER FINI ENERGETICI BOSCO CEDUO



DEFINIZIONE CANTIERE MECCANIZZAZIONE: SEQUENZA OP E TIPOLOGIE MACCHINE IMPIEGABILI

Selezione 1 (operatore)

PARAMETRO TECNICO	CATEGORIA
Forma di governo	Ceduo
Assortimento legnoso	Cippato
Metodo di lavoro	Albero intero
Livello tecnologico macchine	Medio-alto
Classe di transitabilità strada forestale	Medio-alta
Classe di accessibilità particella forestale	Alta
Massa legnosa recuperata (t·ha ⁻¹ SS)	≤ 15.0

FOREMA V1

N.	OP	TIPOLOGIE MACCHINE IMPIEGABILI
	Nome	
1	Abbattimento	Motosega, harvester 4RM, harvester cingolato, feller-buncher, feller skidder, forvester.
2	Concentramento e Esbosco	TR + pinza, TR + verricello, skidder + pinza, skidder + verricello, gru a cavo tradizionale, gru a cavo a stazione motrice mobile.
3	Sezionatura	Motosega, processore
4	Cippatura	TR + cippatrice, cippatrice semovente
5	Carico e trasporto	TR + carro, autotreno, autoarticolato

Selezione 2 (operatore)

N. OP	TIPOLOGIE SELEZIONATE DI MACCHINE IMPIEGABILI
1	Motosega
2	TR + verricello
3	Motosega
4	TR + cippatrice
5	TR con carro



Database "DEFINIZIONE DI: CANTIERI DI MECCANIZZAZIONE"

ORGANIZZAZIONE CANTIERE E PRODUTTIVITA' DEL LAVORO

OP 2-5 CONCATENATE
 → stessa produttività del lavoro (m³/h; t/h SS)

DATI	Udm	OP e MACCHINE				
		1	2	3	4	5
		Motosega	TR + verricello	Motosega	TR + cippatrice	TR + carro
Tempo disponibile	Giorni	5,0	1,0	1,0	1,0	1,0
N. ore per addetto per turno	h·UL ⁻¹ ·turno ⁻¹	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
N. turni di lavoro per giorno	Turni-giorno ¹	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
N. addetti (1 macchina)	-	1	2	1	1	1
Produttività lorda (1 macchina)	m ³ ·h ⁻¹	1,0	12,5	2,0	12,5	4,4
Tempo disponibile per addetto	h·UL ⁻¹	40,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Tempo necessario totale	h	100,0	8,0	50,0	8,0	23,0
N. macchine necessarie	-	3	1	6	1	3
Produttività lorda totale	t·h ⁻¹ SS	1,8	7,6	7,6	7,6	7,6
N. addetti totali	-	3	2	6	1	3
Tempo necessario (1 macchina)	h	33,3	8,0	8,0	8,0	8,0



Distanza concentrazione: 100 m;
 Distanza esbosco: 250 m.



Distanza trasporto: 10 km

f (distanza, velocità trascinalmento biomassa e percorrenza A/R; volume caricato per singolo viaggio; tempi di lavoro (h).



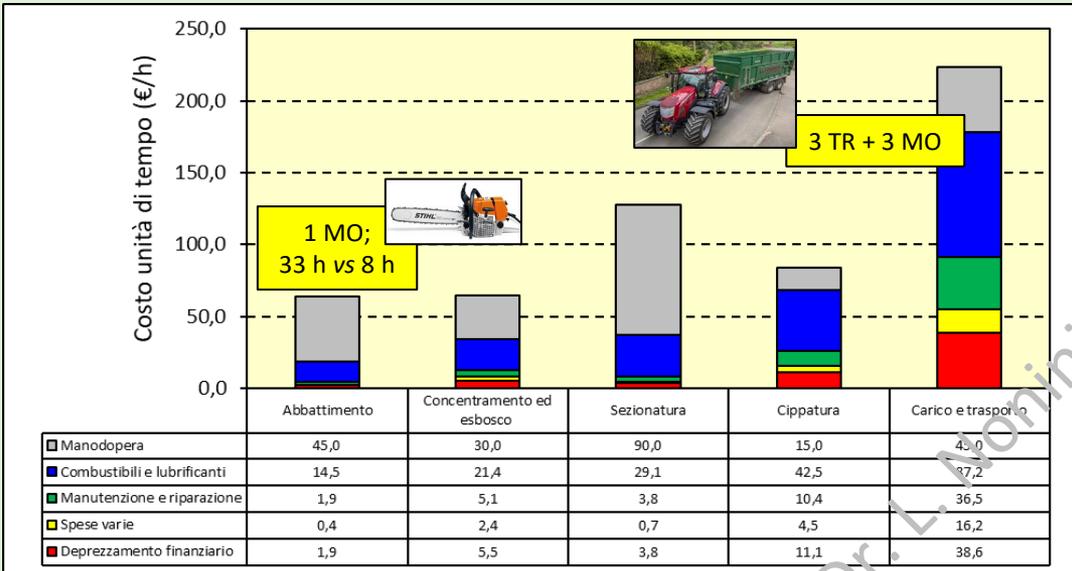
Tempo totale cantiere = 33,3 + 8 = 41,3 h

PARAMETRI TECNICO-ECONOMICI

DATO	TRATTORI E MACCHINE OPERATRICI (MO)						
	OP1 e OP3	OP2		OP4		OP5	
	Motosega	TR	Verricello	TR	Cippatrice	TR	Carro agricolo
MODELLO TR/MO	Stihl MS 660	Case IH Puma 145	Krpan 4.5E	John Deere 8270R	Gardini 40-60 TTS	Massey Ferguson 7626	Bossini R2A2005D
Potenza motore (kW)	5,2	117,6	-	201,6	-	183,6	-
Prezzo di listino (P; €)	1200	46500	3300	82000	25000	75000	15000
Tasso deprezzamento (% P)	20,0%	12,5%	10%	12,5%	20,0%	12,5%	18,0%
Tasso interesse (% P)	4,0%	5,0%	4,0%	5,0%	4,0%	5,0%	4,0%
Quota spese varie (% P)	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%	4,0%
Salario lordo addetto (€·h ⁻¹)	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Tasso ripar. e manut. (% Deprezz.)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Prezzo combustibile (€·dm ⁻³)	1,5	1,5	-	1,5	-	1,5	-
Prezzo lubrificante (€·dm ⁻³)	4,0	4,0	-	4,0	-	4,0	-
Durata fisica (h)	3175	12000	6000	12000	10000	12000	4000
Obsolescenza tecnica (anni)	3	12	8	12	10	12	12
Impiego annuo (h·anno ⁻¹)	400	1000	250	1000	800	1000	250



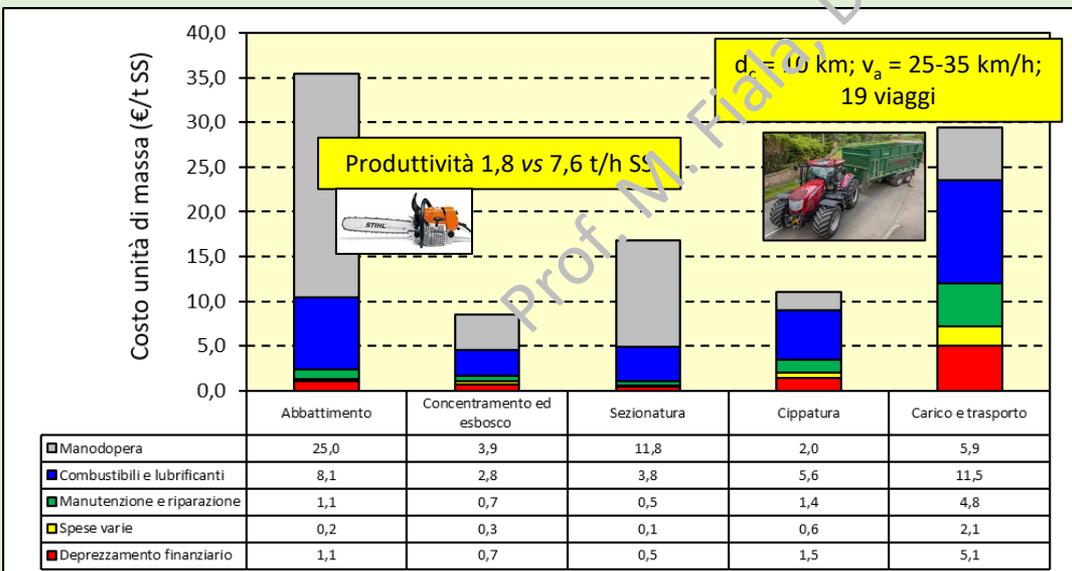
COSTI ECONOMICI (unità di tempo e unità di massa)



COSTO CANTIERE DI LAVORO
147,3 €/h

$$C_{H_CAN} (\text{€/h}) = C_{TOT_CAN} (\text{€}) / T_{TOT_CAN} (\text{h})$$

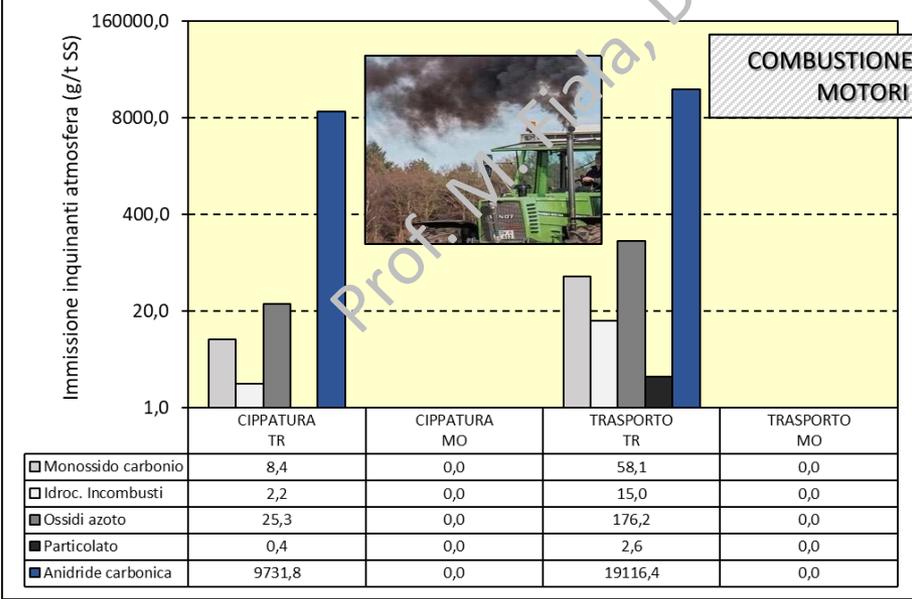
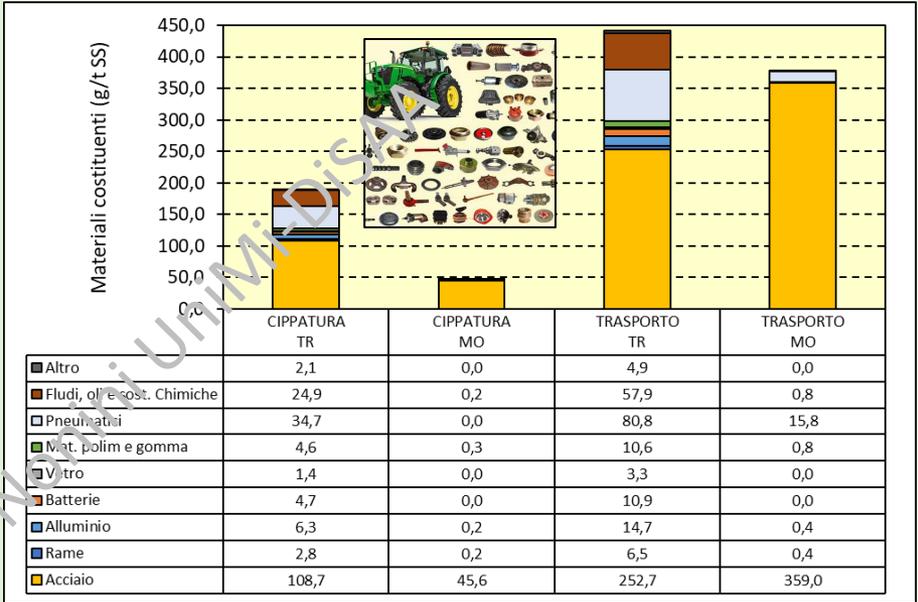
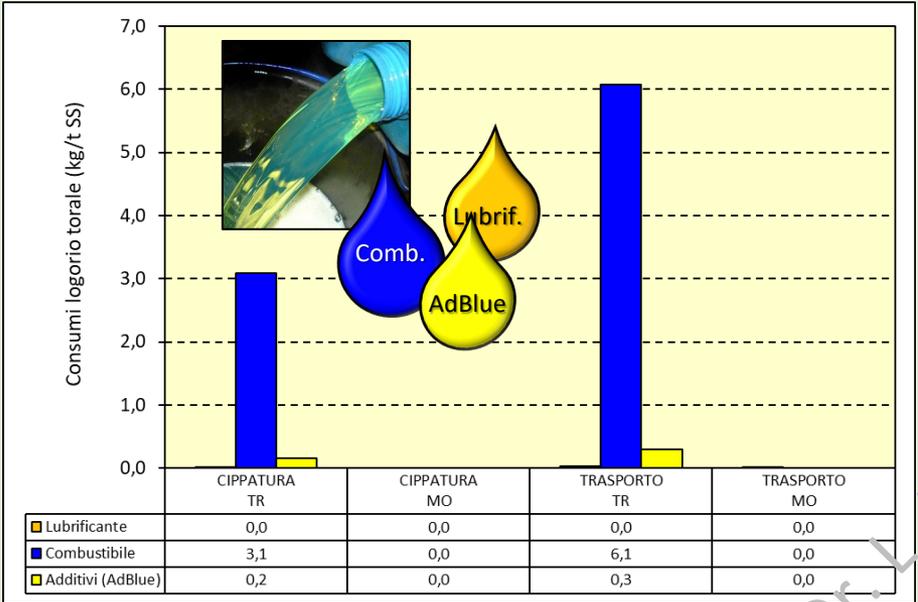
$$C_{M_CAN} (\text{€/t SS}) = \sum C_{MOP} (\text{€/t SS})$$



COSTO CANTIERE DI LAVORO
101,1 €/t SS



PRINCIPALI PARAMETRI AMBIENTALI (CIPPATURA E TRASPORTO)



Per TR: massa necessaria per manutenzione, riparazione e smaltimento di fine vita.



$\Sigma m_{MAT} > m_{TOT_TR}$

Grazie per l'attenzione

Seminario condotto nell'ambito del Progetto *"USEFOL – Approcci innovativi per la valutazione della fornitura di servizi ecosistemici in foreste lombarde"* finanziato da Regione Lombardia (Progetti di ricerca in campo agricolo e forestale – BANDO 2018)



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TORINO



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO



DiSAA
DIPARTIMENTO
di SCIENZE
AGRARIE e
AMBIENTALI

fiper

FEDERAZIONE ITALIANA PRODUTTORI
DI ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI



Associazione Consorzi
Forestali della Lombardia

Prof. Marco Fiala, Dr. Luca Nonini
marco.fiala@unimi.it, luca.nonini@unimi.it