

# Manuale di utilizzo del modulo r.forcircular

A cura di: Francesco Geri, Sandro Sacchelli



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

**DAGRI**

DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE  
AGRARIE, ALIMENTARI, AMBIENTALI E FORESTALI



**INAS**

CONSORZIO INTERUNIVERSITARIO  
ISTITUTO NAZIONALE  
DI STUDI SU  
AGRIBUSINESS E SOSTENIBILITÀ

## Indice

1	Introduzione.....	3
2	Preparazione del dataset.....	3
2.1	File.....	3
2.2	Importazione.....	5
3	Compilazione dell'interfaccia grafica per il lancio di r.forcircular.....	6
3.1	BASE.....	7
3.2	COSTS.....	9
3.3	INDICATORS.....	10
3.4	OPTIONALS.....	11
3.5	COMMAND OUTPUT.....	12
4	Indicatori.....	14

## 1 Introduzione

Il Sistema di Supporto alle Decisioni (SSD) oggetto di analisi è integrato nel software GRASS GIS ed è finalizzato ad analizzare il livello di sostenibilità della filiera foresta-legno in un contesto di bioeconomia circolare. Il SSD, denominato r.forcircular, è dotato di un'interfaccia grafica attraverso la quale è possibile inserire variabili e parametri di input relativi alla geomorfologia del territorio, alle caratteristiche vegetazionali e dendrometriche dei boschi, ai processi produttivi adottati e al livello di meccanizzazione, nonché ai parametri inerenti gli aspetti economico-finanziari della filiera foresta-legno. Il processo di valutazione prevede un approccio multistep che parte dall'identificazione delle aree potenzialmente esboscabili dal punto di vista tecnico in funzione del livello di meccanizzazione. Su tali superfici forestali si procede con una stima del valore di macchiatico per evidenziare le aree potenzialmente utilizzabili con un margine di profitto. Successivamente, l'utilizzo di una serie di indicatori riconducibili alle 4R (Reduce, Reuse, Recycle, Recover) dell'economia circolare permette di valutare il livello di circolarità della filiera produttiva. Il livello di bioeconomia circolare è quantificato con indici univoci derivanti dall'applicazione di un modello di analisi multicriteriale geografica basato sulla tecnica della distanza dall'ideale.

## 2 Preparazione del dataset

### 2.1 File

Condizione necessaria per il funzionamento del plugin è la produzione di un file vettoriale (preferibilmente formato shapefile) corrispondente alla parcellizzazione del bosco da analizzare che dovrà essere obbligatoriamente composto dai seguenti campi informativi (NB: i nomi delle colonne della tabella associata al file vettoriale dovranno essere quelli riportati di seguito):

- `incr_ha`: [decimale] valore dell'incremento forestale [ $mc*ha*anno^{-1}$ ]
- `management`: [intero] sistema di gestione del bosco (forma di governo), può assumere due valori, ovvero (1) per la gestione a fustaia e (2) per la gestione a ceduo
- `treatment`: [intero] trattamento adottato, può assumere due valori, ovvero (1) per il taglio di utilizzazione finale e (2) per il diradamento. L'intervento di diradamento non è previsto per i boschi cedui.
- `roughness`: [intero] livello di accidentalità del terreno - (0): nessuna accidentalità; (1): localmente accidentato; (2): parzialmente accidentato; (3): prevalentemente accidentato. Se il dato non è disponibile indicare il valore generico 99999
- `tree_diam`: [intero] diametro medio dei fusti [cm]. Se il dato non è disponibile indicare il valore generico 99999
- `tree_vol`: [decimale] volume medio per pianta [ $m^3$ ]. Se il dato non è disponibile indicare il valore generico 9.999
- `rotation`: [intero] ciclo di taglio (o turno forestale) [anni]
- `soil_prod`: [intero] grado di produttività del terreno (fertilità): (1): molto basso; (2): basso; (3): medio; (4); alto; (5): molto alto. Se il dato non è disponibile indicare il valore generico 99999

- PCI: [decimale] Potere Calorifico Inferiore medio delle specie legnose presenti nel poligono [MWh/t]
- cut [decimale]: percentuale di taglio (range da 0 (0%) a 1 (100%)). Rappresenta la percentuale di massa legnosa sulla provvigione totale che cade al taglio durante l'intervento di utilizzazione.
- perc\_roun: [decimale] (da 0 a 1) corrispondente alla percentuale della massa legnosa destinata a tondame
- perc\_timb: [decimale] (da 0 a 1) corrispondente alla percentuale della massa legnosa destinata a paleria
- perc\_fire: [decimale] (da 0 a 1) corrispondente alla percentuale della massa legnosa destinata a legna da ardere
- perc\_res: [decimale] (da 0 a 1) corrispondente alla percentuale dei residui legnosi da destinare ad uso energetico (cippato)
- perc\_roun9: [decimale] (da 0 a 1) corrispondente alla percentuale della massa legnosa destinata a tondame nello scenario di ottimizzazione degli assortimenti (cfr Indicatore5)
- perc\_timb9: [decimale] (da 0 a 1) corrispondente alla percentuale della massa legnosa destinata a paleria nello scenario di ottimizzazione degli assortimenti (cfr Indicatore5)
- perc\_fire9: [decimale] (da 0 a 1) corrispondente alla percentuale della massa legnosa destinata a legna da ardere nello scenario di ottimizzazione degli assortimenti (cfr Indicatore5)
- perc\_res9: [decimale] (da 0 a 1) corrispondente alla percentuale dei residui legnosi da destinare ad uso energetico (cippato) nello scenario di ottimizzazione degli assortimenti (cfr Indicatore5)
- pric\_roun: [decimale] corrispondente al prezzo medio per l'assortimento tondame [€/mc]
- pric\_timb: [decimale] corrispondente al prezzo medio per l'assortimento paleria [€/mc]
- pric\_fire: [decimale] corrispondente alla prezzo medio per l'assortimento legna da ardere [€/mc]
- pric\_bioe: [decimale] corrispondente alla prezzo medio per l'energia da biomassa a destinazione energetica [€/MWh]

Si consiglia di preparare il file vettoriale su un GIS vector-based come Qgis o Arcview per poi procedere all'importazione nel dataset di GRASS (vedi più sotto).

Altri file necessari e obbligatori:

- tracks: file vettoriale lineare corrispondente ai tracciati stradali forestali.
- boundaries: file vettoriale corrispondente al confine dell'area di analisi
- dtm: file raster corrispondente al modello digitale del terreno

File opzionali:

- rivers: file vettoriale lineare corrispondente alla rete idrica nell'area di studio
- lakes: file vettoriale poligonale corrispondente ai corpi idrici presenti nell'area di studio
- protected\_areas: file vettoriale poligonale corrispondente alle aree protette presenti nell'area di studio

Le mappe “tracks”, “rivers”, “lakes” e “protected\_areas” dovranno avere il valore **1** associato ad ogni primitiva di cui sono composti (ad es. linee identificative di strade o fiumi e poligoni identificativi di laghi o aree protette).

## 2.2 Importazione

I file vettoriali dovranno essere importati nel mapset di GRASS. La funzione di GRASS da richiamare per effettuare l’importazione è r.import. Tale funzione può essere lanciata anche attraverso l’interfaccia grafica di GRASS accedendo al menù File → Import vector data o File → Import raster data. Qui di seguito sono riportati due esempi di sintassi del comando r.import:

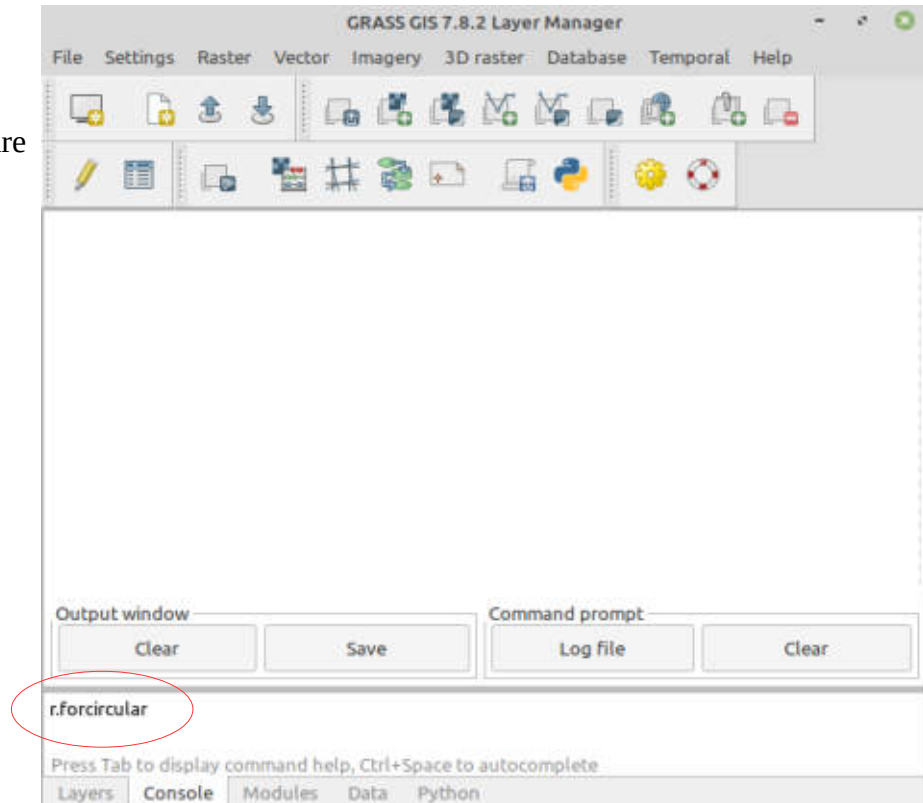
```
r.import input=/path/to/file/dtm10m.tif output=dtm -o --overwrite  
v.import input=/path/to/file/boundary.shp layer=boundary output=boundary -o --overwrite
```

Per ulteriori informazioni sull’importazione di dati e sulle funzionalità di base di GRASS GIS si rimanda alla documentazione ufficiale on-line:

<https://grass.osgeo.org/learn/manuals/>

### 3 Compilazione dell'interfaccia grafica per il lancio di r.forcircular

Una volta preparato il dataset è possibile lanciare r.forcircular. A tal fine è necessario accedere alla console dei comandi di GRASS e scrivere il comando r.forcircular e premere invio:



L'interfaccia grafica è composta da una serie di "tab", ciascuna delle quali dedicata ad un particolare aspetto dell'analisi:

**BASE:** permette di inserire tutti i file (obbligatori e opzionali) per il funzionamento dell'addon.

**VARIABLES:** permette di inserire le variabili numeriche relative alla caratterizzazione tecnica del processo di esbosco, oltre alla scelta dei mezzi di esbosco utilizzati.

**COSTS:** contiene tutti i costi unitari di macchinari e operai per le diverse fasi del processo produttivo

**INDICATORS:** questa sezione è dedicata al calcolo degli indicatori di bioeconomia circolare per l'ambito forestale

**OPTIONAL:** permette di selezionare / settare alcuni parametri opzionali come la risoluzione di lavoro (espressa in metri, per pixel di forma quadrata) o la possibilità di sovrascrivere le mappe pre-esistenti.

I campi numerici hanno pre-inserito un valore di default dedotto dalla bibliografia esistente che può essere variato dall'utente.

### 3.1 BASE

The screenshot shows the 'BASE' tab of the 'r.forcircular [bioeconomy, forest]' application. The interface is titled 'Evaluation of circular bioeconomy level of forest ecosystems'. It features a sidebar with categories: Base, Variables, Costs, Indicators, and Opzionale. The 'BASE' section contains several input fields, each with a dropdown arrow and a red asterisk indicating it is required. Red arrows point from these fields to callout boxes on the right side of the image:

- Name of vector parcel map:** (forest=name) - Mappa particellare forestale
- Name of vector boundaries map (boolean map):** (boundaries=name) - Mappa dei confini dell'area di studio
- Name of Digital terrain model map:** (dtm=name) - Modello digitale del terreno
- Vector map of forest roads:** (tracks=name) - Mappa delle strade forestali
- Vector map of rivers:** (rivers=name) - Mappa della rete idrica
- Vector map of lakes:** (lakes=name) - Mappa dei corpi idrici
- Vector map of protected areas:** (protected\_areas=name) - Mappa delle aree protette

At the bottom of the interface, there are buttons for 'Chiudi', 'Esegui', and 'Copia', along with a checkbox for 'Chiudi dialogo alla fine' and a command line showing the current configuration: `r.forcircular forest=<required> boundaries=<required> dtm=<required> tracks=<required> slp_min_cc=30. sl...`

I campi contrassegnati con l'asterisco rosso sono obbligatori. Le mappe da inserire all'interno della sezione BASE corrispondono al risultato dell'importazione di cui al punto 1.

## VARIABLES

Base: Percent slope lower limit for aerial extraction: (slp\_min\_cc=float) 30.

Variables: Percent slope higher limit for aerial extraction: (slp\_max\_cc=float) 100.

Costs: Maximum distance for aerial extraction: (dist\_max\_cc=float) 1000.

Indicators: Percent slope higher limit for ground extraction in high forest: (slp\_max\_fw=float) 30.

Opzionale: Maximum distance for ground extraction in high forest: (dist\_max\_fw=float) 900.

Percent slope higher limit for ground extraction in coppices: (slp\_max\_cop=float) 30.

Maximum distance for ground extraction in coppices: (dist\_max\_cop=float) 800.

Machineries for high forest in steep terrain: (hf\_slope=string)

Machineries for coppice in steep terrain: (c\_slope=string)

Vehicle for high forest in not steep terrain: (hf\_noslope=string)

Vehicle for coppice in not steep terrain: (c\_noslope=string)

Limite superiore di pendenza per esbosco con mezzi aerei (gru a cavo/teleferica)

Limite inferiore di pendenza per esbosco con mezzi aerei (gru a cavo/teleferica)

Massima distanza per esbosco con mezzi aerei

Limite superiore di pendenza per l'esbosco con mezzi via terra in fustaie

Massima distanza per esbosco con mezzi via terra in fustaie

Limite superiore di pendenza per esbosco con mezzi via terra in boschi cedui

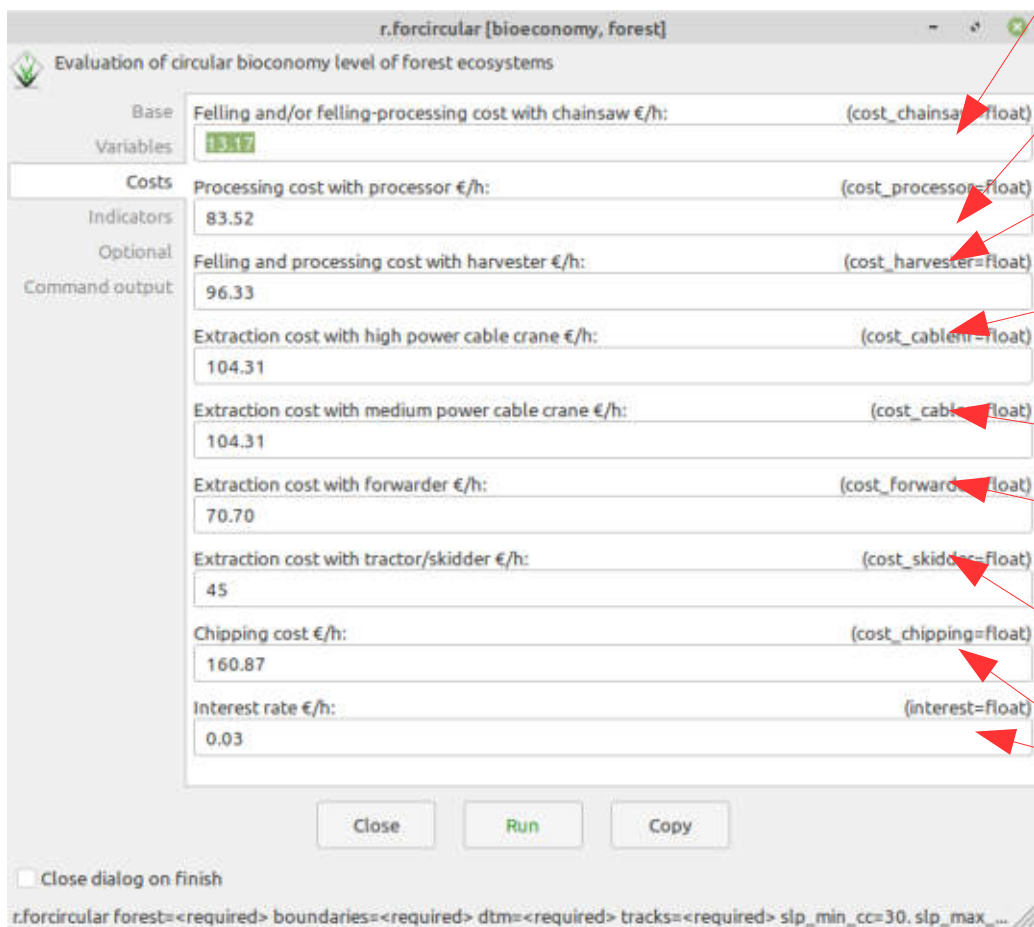
Massima distanza per esbosco con mezzi via terra in boschi cedui

Menù a scelta multipla per selezionare i veicoli di esbosco rispettivamente utilizzati in: terreni acclivi in fustaie, terreni acclivi in cedui, terreni non acclivi in fustaie, terreni non acclivi in cedui

La sezione variables contiene tutti i parametri tecnici che possono essere settati in r.forcircular. Il flusso operativo corrispondente a questa sezione permette di individuare la cosiddetta “technical\_surface”, ovvero le aree effettivamente esboscabili attraverso l'utilizzo dei mezzi e dei parametri inseriti.



## 3.2 COSTS



Category	Parameter Name	Value	Unit
Base	Felling and/or felling-processing cost with chainsaw	13.17	€/h
Costs	Processing cost with processor	83.52	€/h
Optional	Felling and processing cost with harvester	96.33	€/h
Optional	Extraction cost with high power cable crane	104.31	€/h
Optional	Extraction cost with medium power cable crane	104.31	€/h
Optional	Extraction cost with forwarder	70.70	€/h
Optional	Extraction cost with tractor/skidder	45	€/h
Optional	Chipping cost	160.87	€/h
Optional	Interest rate	0.03	€/h

Callouts from the right side of the image:  
 - (cost\_chainsaw=float) → Costo orario per abbattimento e/o abbattimento-allestimento con motosega  
 - (cost\_processor=float) → Costo orario di allestimento con processore  
 - (cost\_harvester=float) → Costo orario di abbattimento e allestimento con harvester  
 - (cost\_cableni=float) → Costo orario di esbosco con gru a cavo di alta potenza  
 - (cost\_cabl=float) → Costo orario di esbosco con gru a cavo di media potenza  
 - (cost\_forwarder=float) → Costo orario di esbosco con forwarder  
 - (cost\_skidder=float) → Costo orario di esbosco con trattore/skidder/altro mezzo  
 - (cost\_chipping=float) → Costo orario di cippatura  
 - (interest=float) → Tasso di interesse

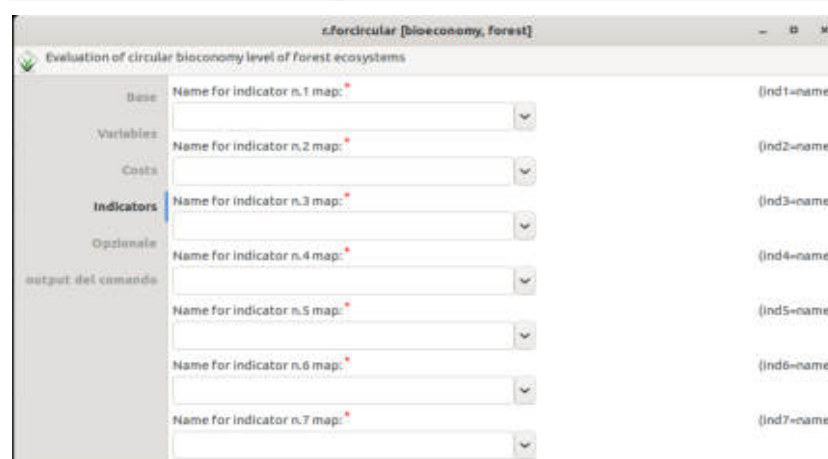
La sezione costi contiene tutti i parametri economici che possono essere settati in r.forcircular. In particolare in questa sezione è possibile inserire le varie voci di costo che permetteranno di delineare la mappa chiamata “economic\_surface”, ovvero l’area esboscabile con un bilancio economico (valore di macchiatico) positivo. I costi unitari orari includono il costo per macchinari e operai.

### 3.3 INDICATORS



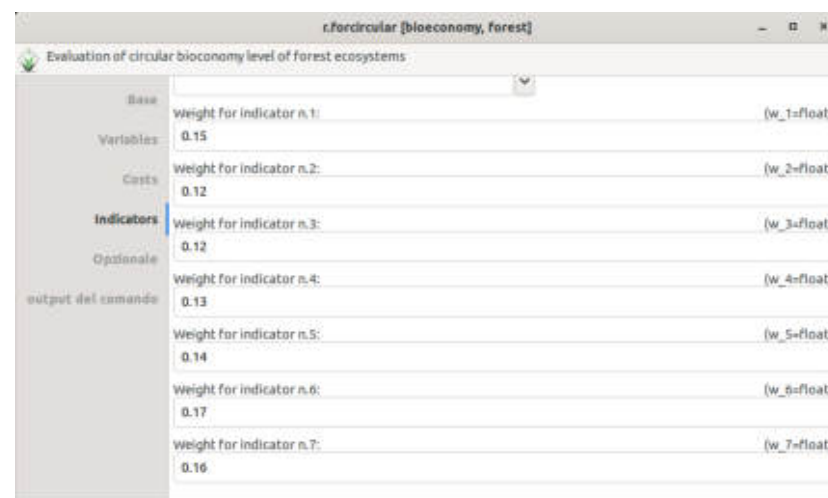
Category	Indicator	Variable	Value
Base	Percentage of roundwood re-use in paper:	{mc_paper=float}	0.0
Variables	Percentage of roundwood re-use in furniture:	{mc_furniture=float}	0.4
Costs	Percentage of roundwood re-use in building:	{mc_building=float}	0.5
Opzionale	Percentage of roundwood re-use in packaging:	{mc_woodpackaging=float}	0.03
output del comando	Percentage of roundwood re-use in other use:	{mc_other=float}	0.05

Percentuale (valore da 0 (0%) a 1 (100%)) del tonnage riutilizzato rispettivamente in: carta, mobili, costruzioni, imballaggi e altri usi



Category	Indicator	Variable	Value
Base	Name for indicator n.1 map:	{ind1=name}	
Variables	Name for indicator n.2 map:	{ind2=name}	
Costs	Name for indicator n.3 map:	{ind3=name}	
Opzionale	Name for indicator n.4 map:	{ind4=name}	
output del comando	Name for indicator n.5 map:	{ind5=name}	
	Name for indicator n.6 map:	{ind6=name}	
	Name for indicator n.7 map:	{ind7=name}	

Nomi delle mappe per ciascun indicatore



Category	Indicator	Variable	Value
Base	Weight for indicator n.1:	{w_1=float}	0.15
Variables	Weight for indicator n.2:	{w_2=float}	0.12
Costs	Weight for indicator n.3:	{w_3=float}	0.12
Opzionale	Weight for indicator n.4:	{w_4=float}	0.13
output del comando	Weight for indicator n.5:	{w_5=float}	0.14
	Weight for indicator n.6:	{w_6=float}	0.17
	Weight for indicator n.7:	{w_7=float}	0.16

Pesi relativi da attribuire a ciascun indicatore (la somma dei pesi deve necessariamente essere pari a 1)

La sezione Indicators contiene tutti i parametri relativi al calcolo degli indicatori per la valutazione del livello di bioeconomia circolare. A tale scopo la prima sottosezione è dedicata alla percentuale del tonnage che si prevede essere riutilizzata nelle differenti destinazioni d'uso. Le sottosezioni seguenti sono dedicate all'inserimento del nome di output delle mappe corrispondenti a ciascun indicatore, e del suo conseguente peso relativo (la somma dei pesi deve essere necessariamente pari a 1). Per approfondimenti legati al calcolo degli indicatori si veda la sezione dedicata.

### 3.4 OPTIONALS

The screenshot shows the 'Optional' settings section of the 'r.forcircular' software. The settings are as follows:

- Remove all operational maps (r)
- Allow output files to overwrite existing files (overwrite)
- Verbose module output (verbose)
- Quiet module output (quiet)
- Working resolution: 10 (resolution=string)

Five callout boxes with red arrows point to these settings, providing their functions:

- Permette di eliminare tutte le mappe intermedie e temporanee utilizzate nel calcolo
- Permette di sovrascrivere mappe con lo stesso nome
- Fornisce un output completo (per utenti esperti)
- Nasconde tutti i messaggi di output non essenziali
- Risoluzione di lavoro (metri)

La sezione Optionals permette di settare alcune funzionalità opzionali. In particolare, oltre a variare la risoluzione di lavoro (che avrà una ricaduta diretta sia sulla risoluzione e quindi sul dettaglio delle mappe in uscita sia sul tempo di lavoro), permette di sovrascrivere mappe con lo stesso nome, eliminare le mappe di lavoro, settare il livello di output testuale.

### 3.5 COMMAND OUTPUT

```
r.forcircular [bioeconomy, forest]
Evaluation of circular bioeconomy level of forest ecosystems

Base      colr2/PERMANENT is missing
Variables Removing raster <em_chipp_prod>
          raster removed
Costs     header removed
          category removed
Indicators color is missing
          #####
Optional  End of process
          Name of output maps:
          rep_roundwood -> roundwood (m3/y): 6776.0417
          rep_timber -> timber pole (m3/y): 260.6027
          rep_firewood -> firewood (m3/y): 9149.2299
          rep_bioenergy -> bioenergy (MWh/y): 6969.9916
          rep_sum_a_stumpage_value -> annual stumpage value (€/y): 172797.2475
          rep_ave_stumpage_value -> average stumpage value (€/ha): 3992.3040
          rep_ave_a_stumpage_value -> average annual stumpage value (€/ha*y-1): 31.1644
          rep_annual_avoided_emission -> annual avoided emissions (t): 2220.3027
          -----
          rep_ind1 -> annual value of wood on annual yield (euro/m3): 1.2243
          rep_ind2 -> carbon dioxide emission per cubic meter (t/m3): 0.0000
          rep_ind3 -> general index of re-use (m3*y) sum: 238744.8142
          rep_ind4 -> potential value of wood on real value (euro/euro): 1.2720
          rep_ind5 -> avoided CO2 per unit of energy produced (gCO2/kWh): 318.6113
          dist_tot -> AMC map: 2.3886
          #####

          [Clear] [Save]

          [Close] [Run] [Copy]

 Close dialog on finish
r.forcircular -r --overwrite --verbose forest=Forest@PERMANENT boundaries=boundary@PERMANENT dtm=dtm@PERMANENT ...
```

La sezione Command output contiene tutte le informazioni e i messaggi di output che vengono generati da r.forcircular. Alla fine del processo verranno stampati a video i nomi delle mappe di riferimento e una serie di valori finali di sintesi (vedi immagine). In caso errori la console riporterà l'errore avvenuto (stringa di colore rosso) e il processo verrà interrotto.

Nello specifico i risultati saranno indicati dal prefisso “rep\_”; la traduzione è riportata di seguito:

- roundwood: tonname utilizzabile (mc/anno)
- timber: paleria utilizzabile (mc/anno)
- firewood: legna da ardere utilizzabile (mc/anno)
- bioenergy: energia producibile (MWh/anno)
- sum\_a\_stumpage\_value: sommatoria del valore di macchiatico annuo per il contesto di riferimento (€/anno)
- ave\_stumpage\_value: valore di macchiatico medio a fine turno (€/ha)
- ave\_a\_stumpage\_value: valore di macchiatico medio annuo (€/ha anno<sup>-1</sup>)
- annual\_avoided\_emission: emissioni di anidride carbonica evitate usando bioenergia al posto di combustibili fossili tradizionali (t/anno). Vengono calcolate anche le emissioni dovute al processo produttivo forestale.
- indN: rappresentano la statistica zonale (somma o media per l'area di studio) degli indicatori descritti nella sezione 4;
- dist\_tot: l'indicatore rappresenta la media della distanza dei pixel dal valore ideale, risultante dal modello di analisi multicriteriale (AMC) (valore adimensionale). Dist\_tot può essere usato come riferimento tra scenari diversi mentre il senso dello stesso decade in un singolo

scenario. Minore è il valore, migliore è la performance della filiera forestale in termini di bioeconomia circolare. L'approccio del modello AMC applicato è quello della Compromise programming (o distanza dall'ideale) tra indicatori (Romero e Rehman, 2003)<sup>1</sup>.

Tutti gli output sono calcolati sulla mappa “economic\_surface” ovvero sulle sole superfici a macchiatico positivo.

---

<sup>1</sup>Romero C., Rehman, T., 2003. Compromise programming. In: Romero C., Rehman T. (Eds.), Multiple criteria analysis for agricultural decisions, developments in agricultural economics series (Vol. 11, pp. 63–78), Amsterdam, Elsevier.

## 4 Indicatori

N. INDICATORE	1
DENOMINAZIONE	Rapporto tra valore annuo dei prodotti legnosi ottenuti (aM) e ripresa annua media
CONTESTO 4R	Riduzione (reduce)
UNITA' MIS.	€/m <sup>3</sup>
DESCRIZIONE	Miglioramento dell'efficienza dei processi produttivi riducendo l'uso delle risorse naturali impiegate
MODELLAZIONE	<p>Le singole componenti rappresentano:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Valore annuo dei prodotti legnosi ottenuti: valore annualizzato del macchiatico, calcolato come <math>aM = M * (r/q^{n-1})</math>. Con aM macchiatico annuo, M macchiatico a fine turno, r tasso di interesse, <math>q = 1 + r</math>, n turno forestale;</li> <li>– ripresa annua media: data dal rapporto tra la ripresa a fine turno e il turno. La ripresa è calcolata come sommatoria degli assortimenti ottenibili dalle superfici a macchiatico positivo.</li> </ul>

N. INDICATORE	2
DENOMINAZIONE	Emissioni di anidride carbonica per unità di prodotto ottenuto
CONTESTO 4R	Riduzione (reduce)
UNITA' MIS.	tCO2/m3
DESCRIZIONE	Miglioramento dell'efficienza dei processi produttivi riducendo l'uso delle risorse naturali impiegate
MODELLAZIONE	L'indicatore deriva dal rapporto tra le emissioni legate al processo produttivo e la massa utilizzabile a fine turno. Le emissioni sono calcolate come sommatoria delle emissioni legate alle singole fasi del processo produttivo (per ulteriori dettagli cfr. il modulo di GRASS r.green.biomassfor.co2 e la pubblicazione Sacchelli et al. 2013, <i>Biomassfor – An open-source holistic model for the assessment of sustainable forest bioenergy</i> . iForest - Biogeosciences and Forestry 6, 285-293, DOI: 10.3832/ifor0897-006, SISEF).

---

N. INDICATORE	3
DENOMINAZIONE	Superficie utilizzabile annua
CONTESTO 4R	Riutilizzo (reuse)
UNITA' MIS.	Ha/anni
DESCRIZIONE	L'indice permette di stimare la superficie utilizzabile annualmente
MODELLAZIONE	L'elaborazione prevede il rapporto tra la superficie con macchiatico positivo e il turno per l'intera area di studio.

---



---

N. INDICATORE	4
DENOMINAZIONE	indice di utilizzo ricalibrato sui cicli e le percentuali
CONTESTO 4R	Riutilizzo (reuse)
UNITA' MIS.	mc*anni
DESCRIZIONE	L'indice combina tre parametri: <u>i) vita utile del prodotto (anni), ii) percentuale di prodotto/materiale che può essere riutilizzato in cicli successivi (%), iii) numero di cicli in cui può essere reimpiegato un prodotto (n).</u>
MODELLAZIONE	L'indicatore moltiplica il quantitativo annualmente utilizzabile per ciascun assortimento (mc), per la vita utile (anni) e ripete il calcolo per il numero di cicli di riutilizzo, al netto delle perdite di lavorazione.

---

N. INDICATORE	5
DENOMINAZIONE	Rapporto tra il valore degli assortimenti legnosi potenzialmente ritraibili e il valore degli assortimenti legnosi realmente ottenuti
CONTESTO 4R	Riciclaggio (recycle)
UNITA' MIS.	€/€
DESCRIZIONE	Grado di trasformazione razionale dei volumi legnosi prelevati a favore degli assortimenti di pregio
MODELLAZIONE	L'indicatore riporta il valore medio del rapporto tra il valore degli assortimenti legnosi potenzialmente ritraibili e il valore degli assortimenti legnosi realmente ottenuti, definiti rispettivamente dalle colonne perc9_xxx e perc_xxx così come descritte nella sezione 1.1. Tale valore medio è riferito esclusivamente alle aree a macchiatico positivo (economic_surface) in entrambi gli scenari. La logica sottesa all'indicatore è che nel caso di una valorizzazione del mercato dei prodotti legnosi forestali, la ripartizione degli assortimenti può essere ottimizzata (scenario che prende in considerazione le percentuali perc9_xxx) a favore di prodotti di maggior pregio.

---

N. INDICATORE	6
DENOMINAZIONE	Percentuale di residui legnosi usati per la produzione di bioenergia (%)
CONTESTO 4R	Recupero (recovery)
UNITA' MIS.	%
DESCRIZIONE	Recupero di energia dai prodotti di rifiuto
MODELLAZIONE	L'indicatore è dato dalla percentuale di biomassa destinata all'uso energetico (cippato di legno).

---

N. INDICATORE	7
DENOMINAZIONE	Emissioni evitate per unità energetica prodotta dai residui legnosi derivanti dalla filiera foresta-legno
CONTESTO 4R	Recupero (recovery)
UNITA' MIS.	gCO <sub>2</sub> /kWh
DESCRIZIONE	Recupero di energia dai prodotti di rifiuto
MODELLAZIONE	L'indicatore è dato dal rapporto tra le emissioni evitate con l'impiego di residui legnosi della filiera forestale indirizzati all'uso energetico e l'energia prodotta dagli stessi. Le emissioni evitate vengono calcolate come differenza tra le emissioni legate all'impiego di combustibili fossili per la medesima produzione energetica in impianti di (tele)riscaldamento e le emissioni causate dal processo produttivo forestale (vedi Indicatore 2) come da modulo r.green.biomassfor.co2 di GRASS.