



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DAGRI

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



INAS

Il modello r.forcircular applicato alla filiera foresta-legno dell'Unione di Comuni Valdarno e Valdisieve

F. Geri¹, S. Sacchelli¹, A. Alfano², C. Becagli², E. Bianchetto², A. Casagli², I. De Meo², A. Paletto³

¹: Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di Ricerca Agricoltura e Ambiente, Firenze

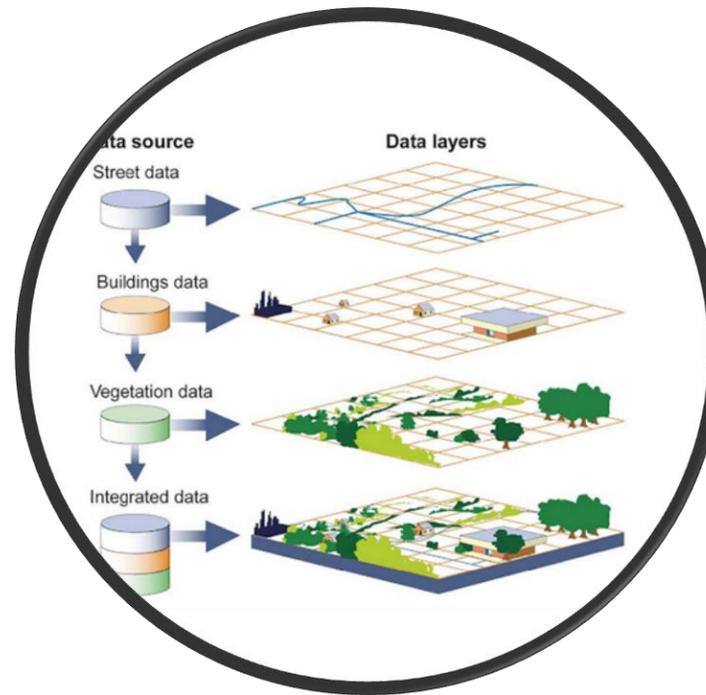
²: Consorzio interuniversitario Istituto Nazionale di Studi su Agribusiness e Sostenibilità, Università degli studi di Firenze

³: Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria (CREA), Centro di Ricerca Foreste e Legno, Trento

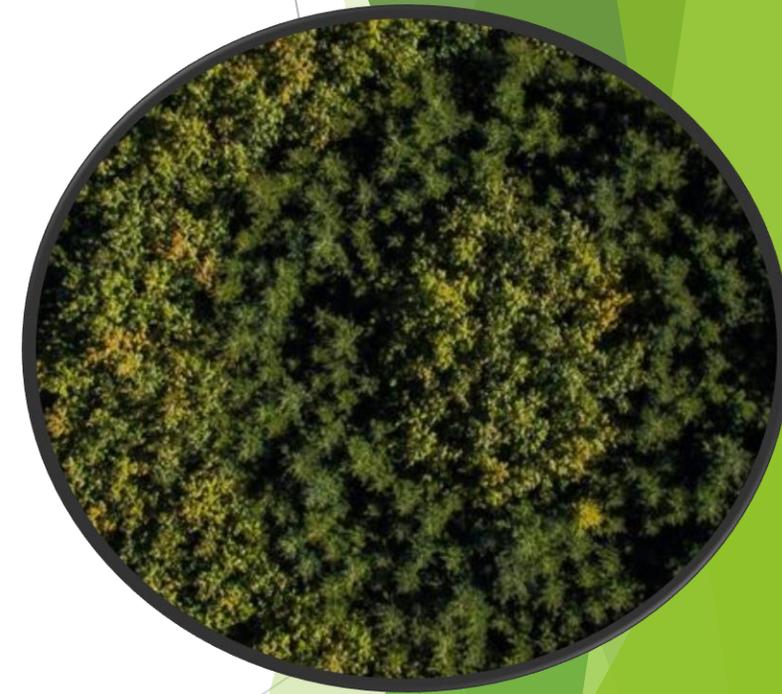
L'importanza dei sistemi GIS e la sostenibilità forestale



+

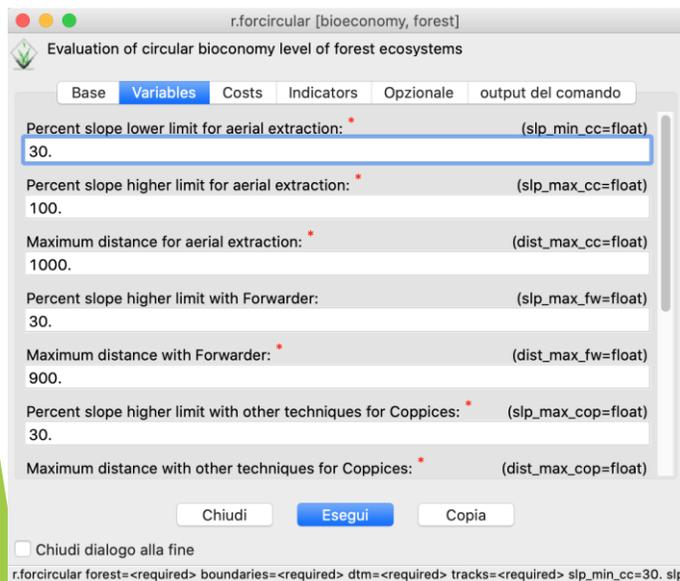


=



Il modello (r.forcircular) è rappresentato da un software integrato all'interno di GRASS ed è disponibile sia come add-on dotato di interfaccia grafica, sia come serie di script, al fine di avere un controllo totale sull'algoritmo.

r.forcircular



```
r.mapcalc --o 'volume =
increment@PERMANENT*rotation@PERMANENT*(if(protected_areas==1,0.5,1))*cut@PERMANENT'
r.null map=volume@PERMANENT null=0
r.mapcalc --o 'revenues =
technical_surface@PERMANENT*(volume@PERMANENT*(perc_roun@PERMANENT*pric_roun@PERMANENT*1
+ perc_timb@PERMANENT*pric_timb@PERMANENT*1 + perc_fire@PERMANENT*pric_fire@PERMANENT*1
+ perc_res@PERMANENT*PCI@PERMANENT*pric_bioe@PERMANENT*1))'
```

Il flusso di dati



➔ Importazione dei dati necessari al funzionamento del modello e impostazione di tutti i parametri

➔ Identificazione delle aree potenzialmente esboscabili da un punto di vista tecnico ed economico

➔ Applicazione di una serie di indicatori appartenenti alle 4R per valutare il livello di «circolarità» della filiera

Fase 1: I DATI (obbligatoriosi o opzionali)

| Geodata | Descrizione | Obbligatorio (M) / opzionale (O) |
|-------------------------------|--|-------------------------------------|
| Tracks | File vettoriale delle strade stradali | M |
| Boundaries | File vettoriale dei confini dell'area di studio | O |
| Digital Terrain Model (DTM) | Modello digitale del terreno (altitudine) | M |
| *Annual average increment | Incremento annuo medio m ³ /ha-y ⁻¹ | M |
| *Management | Gestione forestale: fustaia (1) ceduo (2) | M |
| *Treatment | Trattamento: Taglio raso (1) interventi intermedi come diradamenti (2) | M |
| *Roughness of terrain | Livello di accidentalità del terreno: da 0 a 3 | O |
| *Mean tree diameter | Diametro medio degli alberi Cm | O |
| *Mean tree volume | Volume medio m ³ | O |
| *Forest species or typologies | Tipologie o specie forestali | O |

| Geodata | Descrizione | Obbligatorio (M) / opzionale (O) |
|--|--|-------------------------------------|
| *Soil productivity or fertility | Fertilità del suolo: da 1 a 5 | O |
| *Rotation period | Turno forestale in anni | M |
| *Percentage of harvested trees during silvicultural intervention (treatment) | Ripresa (%) | M |
| *Partitioning of increment in assortments | Percentuale dei vari assortimenti: %tondame, %paleria, %arddere, %residui per biomasse | M |
| *Price of assortment | Prezzo degli assortimenti €/m ³ | M |
| *Mean low calorific value (LCV) | Potere calorifero medio MWh/m ³ | M |
| Rivers | File vettoriale dei fiumi | O |
| Lakes | File vettoriale dei laghi | O |
| Protected areas | File vettoriale delle aree protette | O |

Fase 2: Identificazione delle superfici

Le analisi del modello che riguardano la valutazione della sostenibilità forestale sono applicate SOLO dove l'utilizzazione del bosco è vantaggiosa economicamente.

r.forcircular è capace di identificare le aree caratterizzate da un bilancio economico (valore di macchiatico) positivo

Questa procedura consta di 2 sotto-fasi:

1. Identificazione delle aree dove l'esbosco del legno è «tecnicamente» possibile (accidentalità, pendenza, mezzi utilizzati ecc.)
2. Identificazione delle aree dove l'utilizzazione è vantaggiosa dal punto di vista finanziario, confrontando prezzi di vendita e costi di estrazione

recharge  **green**
BALANCING ALPINE ENERGY AND NATURE

r.green.biomassfor

Garegnani, G., Geri, F., Zambelli, P., Grilli, G., Sacchelli, S., Paletto, A., ... & Vettorato, D. (2015). A new open source DSS for assessment and planning of renewable energy: r. green. Proceedings of FOSS4G Europe, Como, 14-17.

Fase 3: analisi della bioeconomia circolare

| 4R | Indicatore | Definizione |
|-----------|--|---|
| Riduzione | i1 - Rapporto (su base annuale) tra il valore annuo e la media annuale della biomassa legnosa estratta ($\text{€}/\text{m}^3 \cdot \text{y}^{-1}$) | Miglioramento del processo di utilizzazione della risorsa attraverso la riduzione dell'utilizzo di risorse naturali. |
| | i2 - emissioni di CO_2 per unità di biomassa legnosa (tCO_2/m^3) | |
| Riuso | i3 - Superficie utilizzata (ha/y) | Superficie forestale utilizzata annualmente |
| | i4 - Indice di riuso ($\text{m}^3 \cdot \text{years}$) | L'indice combina: i) la durata del prodotto legnoso; ii) la percentuale di prodotto/materiale legnoso che può essere riutilizzato; iii) il numero di cicli di riutilizzo dei prodotti legnosi |
| Riciclo | i5 - Rapporto tra i valori economici potenziale e reale dell'assortimento legnoso ($\text{€}/\text{€}$) | Valorizzazione del legno in assortimenti di alta qualità |
| Recupero | i6 - Percentuale di residui forestali per la produzione di bioenergia (%) | Produzione di energia da prodotti di scarto |
| | i7 - Quantità di emissioni di CO_2 evitate per unità di energia prodotta da residui forestali (gCO_2/kWh) | Emissioni evitate dal recupero di energia dai prodotti di scarto del legno |

Fase 3: analisi della bioeconomia circolare

- Gli indicatori vengono «pesati», ovvero vengono associati ad un valore tra 0 e 1 corrispondente alla sua «importanza relativa».
- Per stabilire questo livello di «importanza» 56 lavoratori nel settore forestale sono stati intervistati
- L'intervista era composta da una serie di domande allo scopo di stabilire i livelli di efficienza, scalabilità e replicabilità di ciascun indicatore in una scala da 1 (importanza molto bassa) a 5 (importanza molto alta)
- I risultati: $i_1=0.15$, $i_2=0.12$, $i_3=0.12$, $i_4=0.13$, $i_5=0.14$, $i_6=0.17$, $i_7=0.16$

Weight for indicator n.1: (w_1=float)
0.15

Weight for indicator n.2: (w_2=float)
0.12

Weight for indicator n.3: (w_3=float)
0.12

Weight for indicator n.4: (w_4=float)
0.13

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

Close Run Copy

Close dialog on finish

r.forcircular forest=<required> boundaries=<required> dtm=<required> tracks=<required> slp_min_cc=3...

Fase 3: analisi della bioeconomia circolare

- Una particolare tecnica denominata distanza dall'ideale permette di valutare la «distanza» tra uno stato «reale» e uno stato «ideale».
- Lo stato «ideale» è un ipotetico stato rappresentato dall'idoneità massima possibile di una particolare variabile misurata.
- Applicando questa tecnica agli indicatori è possibile calcolare la distanza tra il livello di bioeconomia circolare reale e quello ideale della filiera forestale, allo scopo di misurarne la sostenibilità

$$DIP_n = \left\{ \sum_{i=1}^I \tau_i \cdot \left[\frac{v_{i,n}^+ - v_{i,n}}{v_{i,n}^+ - v_{i,n}^-} \right]^\varepsilon \right\}^{1/\varepsilon}$$

Test sul territorio

- Il modello r.forcircular è stato testato nell'area dell'Unione di Comuni Valdarno e Valdisieve
- Sono stati prodotti una serie di «scenari», ciascuno dei quali caratterizzato da una variazione del prezzo di vendita degli assortimenti legnosi. In particolare le variazioni sono state le seguenti, in riferimento al prezzo di vendita attuale (ordinario): -20%, -10%, +10%, +20%.
- E' stato anche valutato un particolare scenario dove si ipotizzava di adottare un livello di meccanizzazione particolarmente elevato.



I risultati

| | Symbol | Scenario p=-20% | Scenario p=-10% | Scenario p=BAU | Scenario p=+10% | Scenario p=+20% | Scenario high-mechanisation |
|--|------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------------------|
| Indici generali | | | | | | | |
| Tondame (m ³ /y) | $\alpha+\beta+\gamma+\delta$ | 5,839 | 6,380 | 7,072 | 7,651 | 8,503 | 8,203 |
| Paleria (m ³ /y) | t | 106 | 216 | 440 | 763 | 1183 | 137 |
| Legna da ardere (m ³ /y) | w | 3,229 | 6,926 | 13,033 | 20,671 | 29,372 | 3,549 |
| Bioenergia (MWh/y) | λ | 3,384 | 5,616 | 9,282 | 13,815 | 19,061 | 4,214 |
| Valore macchiatico annuale(€/y) | φSV | 59,943 | 105,647 | 183,321 | 300,406 | 464,236 | 102,341 |
| Valore macchiatico medio (€/ha) | SV | 3,710 | 3,379 | 2,965 | 2,751 | 2,671 | 5,111 |
| Valore annuo macchiatico medio (€/ha *y ⁻¹) | $\overline{\varphi SV}$ | 23.56 | 26.32 | 28.68 | 32.36 | 36.85 | 31.39 |
| Emissioni CO ₂ evitate (t) | AE | 906 | 1,539 | 2,571 | 3,836 | 5,285 | 1,147 |
| Indici di bioeconomia circolare | | | | | | | |
| Indicatore 1 (media) (€/m ³) | i1 | 5.64 | 6.65 | 7.57 | 8.79 | 10.18 | 7.46 |
| Indicatore 2 (media) (gCO ₂ /m ³) | i2 | 430 | 551 | 660 | 745 | 805 | 348 |
| Indicatore 3 (somma) (ha/y) | i3 | 70 | 142 | 259 | 404 | 567 | 83 |
| Indicatore 4 (somma) (m ³ ·years) | i4 | 198,269 | 222,375 | 256,352 | 290,237 | 336,245 | 277,250 |
| Indicatore 5 (media) (€/€) | i5 | 1.21 | 1.25 | 1.19 | 1.14 | 1.11 | 1.17 |
| Indicatore 6 (media) (%) | i6 | 12.2 | 13.0 | 13.6 | 13.9 | 14.1 | 11.9 |
| Indicatore 7 (media) (gCO ₂ /kWh) | i7 | 265 | 272 | 275 | 276 | 276 | 270 |
| Distanza dall'ideale | DIP | 3.77 | 3.62 | 3.55 | 3.49 | 3.41 | 3.76 |

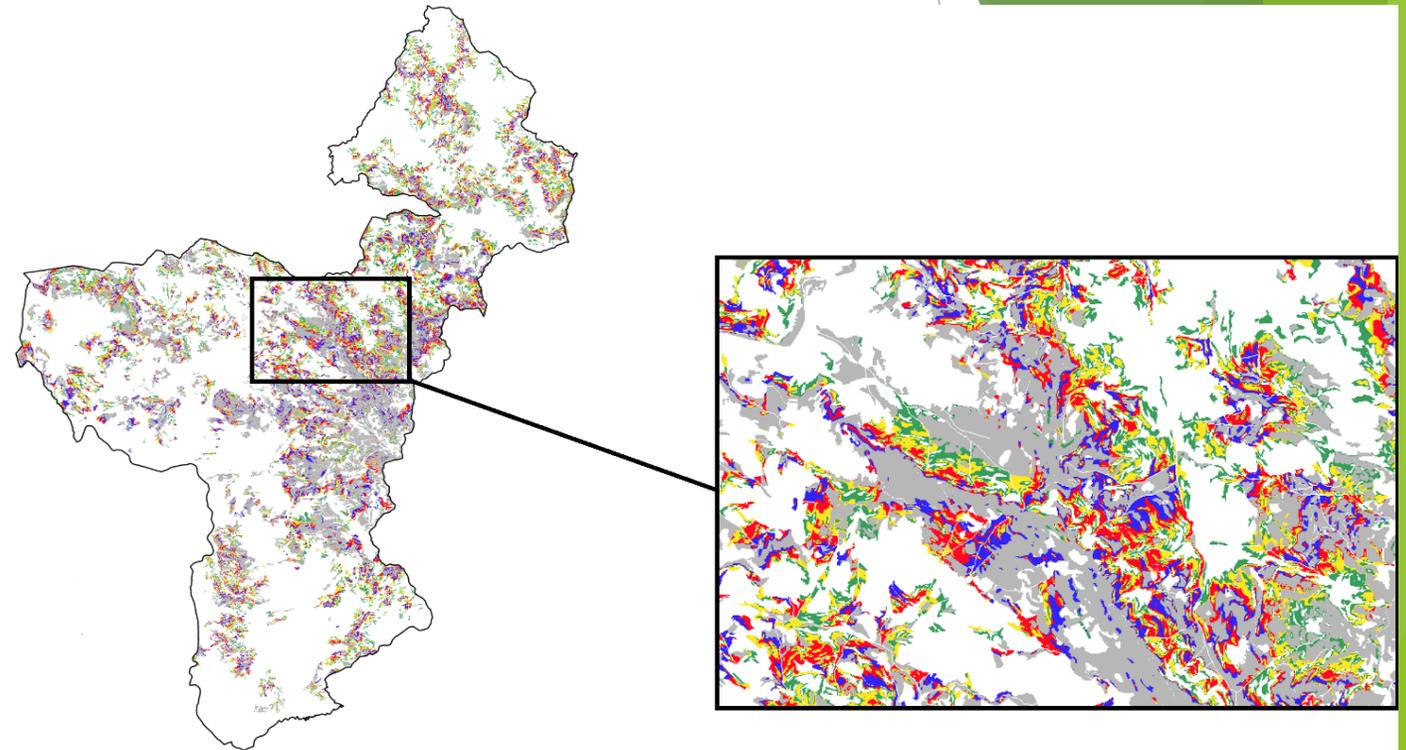
Che risultati abbiamo ottenuto?



Le aree esboscabili



Aumentando il prezzo degli assortimenti legnosi intuitivamente si riscontra un aumento delle aree a macchiatico positivo su cui è possibile intervenire; tali aree possono essere agevolmente identificate dal punto di vista geografico.



- Scenario con prezzi inferiori del 20%
- Scenario con prezzi inferiori del 10%
- Scenario con i prezzi attuali
- Scenario con prezzi superiori del 10%
- Scenario con prezzi superiori del 20%

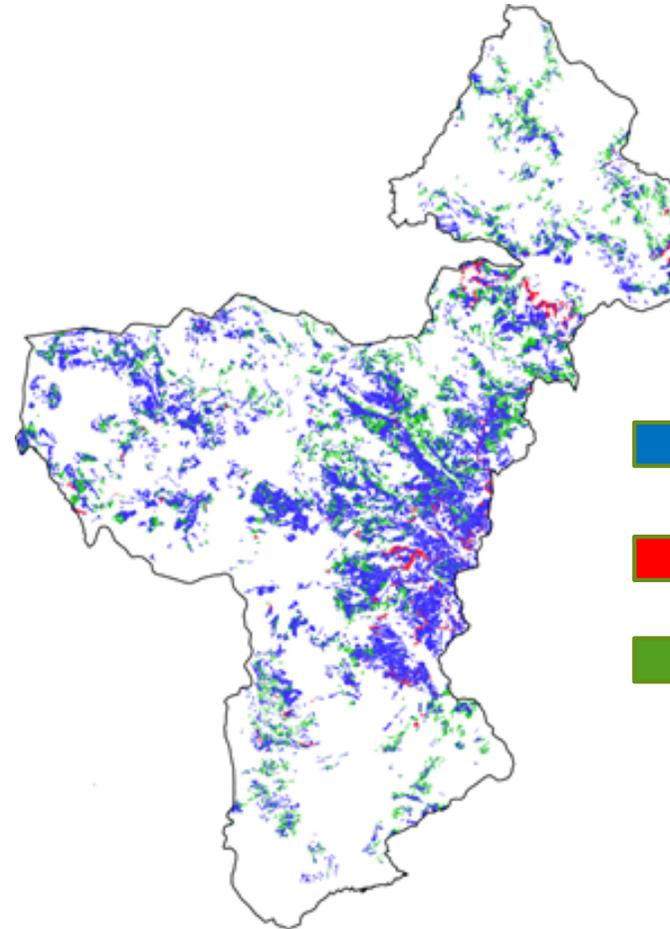
Che risultati abbiamo ottenuto?



Il livello di meccanizzazione



Se confrontiamo le aree potenzialmente esboscabili tra la situazione attuale e l'ipotetico scenario ad alta meccanizzazione vediamo che non c'è un guadagno di superfici significativo



Superficie forestale con bilancio positivo nello scenario BAU e nello scenario ad alta meccanizzazione



Superficie forestale con bilancio positivo nello scenario ad alta meccanizzazione



Superficie forestale con bilancio positivo nello scenario BAU

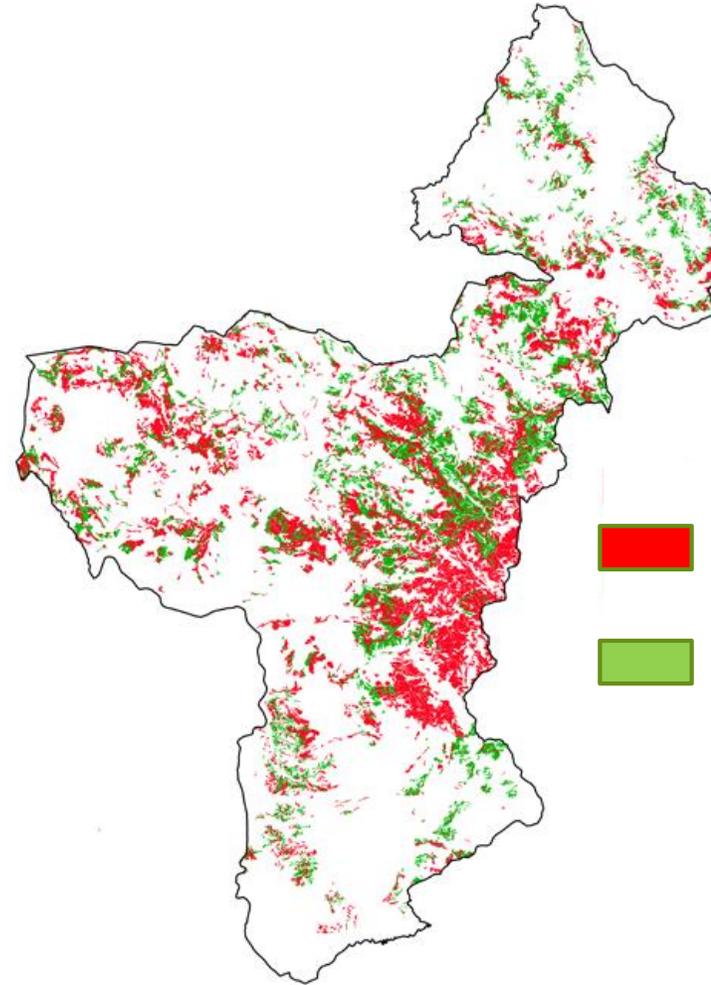
Che risultati abbiamo ottenuto?



Il livello di sostenibilità



Confrontando la distanza dalla situazione «ideale» da un punto di vista di sostenibilità (indicatore di bioeconomia circolare) vediamo invece che l'adozione di un livello di meccanizzazione superiore ha un effetto significativo soltanto rispetto allo scenario con bassi prezzi di vendita degli assortimenti; negli altri casi non sembra ottenere risultati ottimali



-  Performance superiore dello scenario ad alta meccanizzazione
-  Performance superiore dello scenario attuale

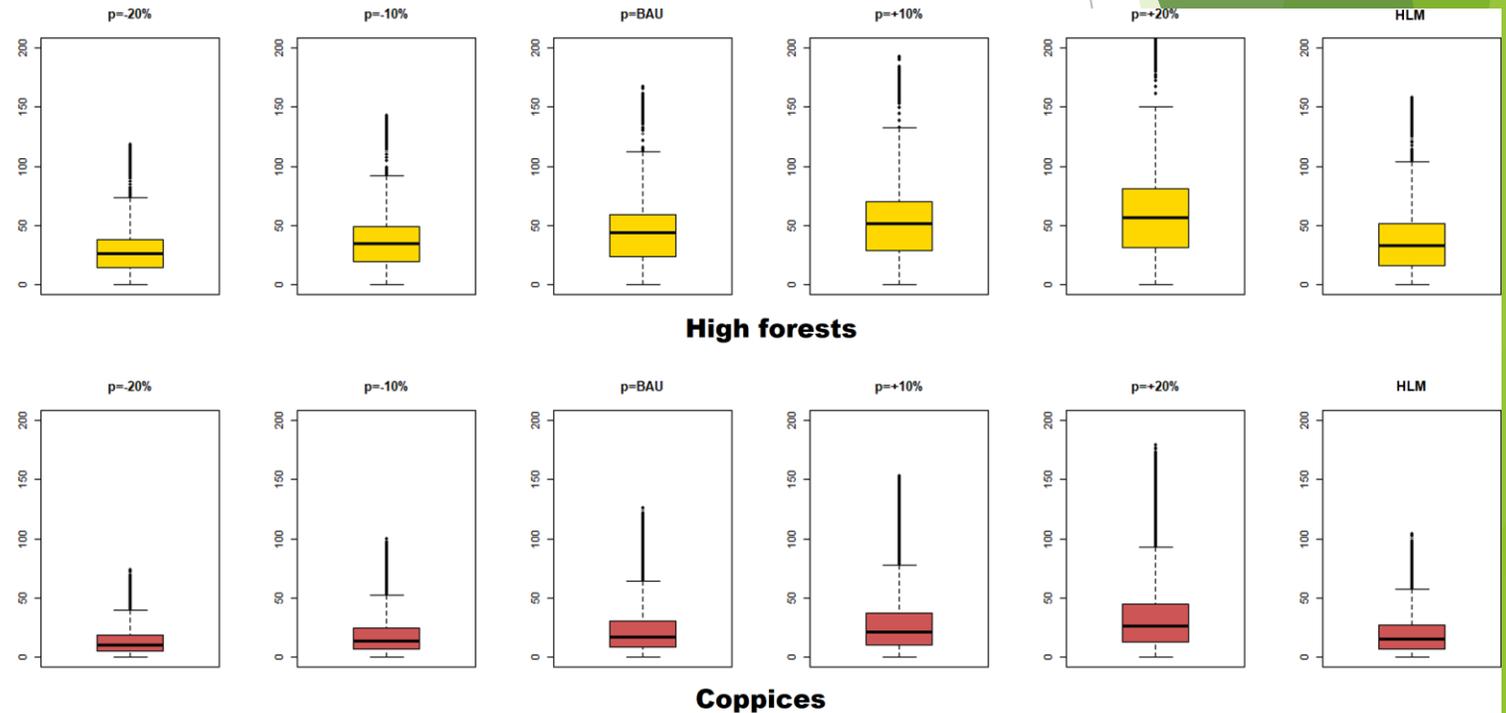
Che risultati abbiamo ottenuto?



Confronto tra cedui e fustaie



r.forcircular permette di confrontare aree geografiche diverse. Il confronto tra cedui e fustaie mostra che il valore di macchiatico annuo medio per unità di superficie sia sempre superiore nelle fustaie.



Conclusioni

- Il software r.forcircular è stato testato con successo nell'area dell'Unione dei Comuni Valdarno e Valdisieve dimostrando la sua utilità se applicato da analisi di scenario in un contesto di bioeconomia circolare forestale.
- Il modello facilita l'analisi geografica del processo produttivo attraverso la produzione di mappe e dati e, attraverso l'utilizzo della sua interfaccia grafica, promuove l'innovazione e il trasferimento tecnologico tra i diversi attori della filiera.
- La possibilità di realizzare e confrontare scenari differenti, ciascuno dei quali caratterizzato dalla variazione di una o più variabili, stimola la discussione e il confronto con i decisori e l'adozione di politiche e strategie per l'incremento della sostenibilità di tutta la filiera

Grazie per l'attenzione

Per domande o informazioni:

- sandro.sacchelli@unifi.it
- francesco.geri@unifi.it

