

**PhD Project title**

Evaluation of forest carbon stock and harvesting chains performances in Alpine wood supply chains: an integrated modelling approach.

**Supervisor:** Prof. Marco Fiala (AGR/09)

**Abstract**

The general **aim** the Project is to develop an **integrated stand-level approach** to support the stakeholders, such as Local Authorities (e.g. mountain communities, municipalities) and supply chain operators (e.g. logging companies), in **sustainable forest management**, taking the **Valle Camonica District** (Northern Italy, Lombardy Region) as **Case Study area**. From the **methodological** point of view, the Project is based on n. **3 lines of activities (A1, A2 and A3)**:

1. **A1**, to calculate the mass of: (i) harvested wood ( $t \cdot ha^{-1} \cdot year^{-1}$  dry matter, DM) to use for long life-cycle products; (ii) harvestable logging residues ( $t \cdot ha^{-1} \cdot year^{-1}$  DM) usable for heat and/or electricity generation; (iii) stored wood ( $t \cdot ha^{-1} \cdot year^{-1}$  DM) and carbon ( $t \cdot ha^{-1} \cdot year^{-1}$  C) within the stands. The **empirical model Woody Biomass and Carbon ASsessment (WOCAS v2)** was developed and calculations are performed for (i) aboveground and (ii) belowground biomass and (iii) dead organic matter, by applying an approach consistent with the IPCC Guidelines. WOCAS was tested on 2000 public stands of Valle Camonica District (45 Forest Management Plans; 37.000 ha; period: 1984-2016).
2. **A2**, (i) to select the most suitable forestry machinery chains (FMC) for wood harvesting and (ii) to calculate their economic ( $P_{ECO}$ ;  $€ \cdot h^{-1}$ ) and the environmental ( $P_{ENV}$ ;  $kg \cdot h^{-1}$ ) performances. To make the selection feasible, the **model FOREstry Machinery Chain Selection (FOREMA v1)** was developed. For each FMC, FOREMA v1 defines the forestry operations' sequence and the types of usable machines, by combining information (coming from WOCAS) related to: (i) characteristics of the stand, (ii) characteristics of the production system, (iii) technical and (iv) economic limitations. Through a third **model** called **ENVironmental Inventory of Agricultural Machinery Operations (ENVIAM v3)**, developed some years ago by the UniMi-DiSAA and recently improved,  $P_{ECO}$  and  $P_{ENV}$  of each operation that made up the selected FMC are computed.  $P_{ECO}$  are subdivided into: (i) fixed and (ii) variable costs, whereas  $P_{ENV}$  are subdivided into: (i) total consuming inputs (fuel, lubricant, AdBlue®), (ii) partial consuming inputs (materials that made up the machines), (iii) emissions into the atmosphere (from diesel combustion) and soil (from tire abrasion). FOREMA v1 and ENVIAM v3 were applied in sample stands of Norway spruce (main species of the District).
3. **A3**: the main results coming A1 and A2 are spatialized by using the **ArcGIS® software** producing, for each stand, a Stand Classification Sheet (SCS).

Lo **scopo** generale del Progetto è sviluppare un **approccio integrato a livello di singola particella forestale** per supportare gli stakeholders, ad esempio Autorità Locali (comunità montane, comuni) e gli operatori di filiera (imprese forestali), nella **gestione forestale sostenibile**, usando il **Distretto di Valle Camonica** (Nord Italia, Lombardia) come **Caso Studio**. Da un **punto di vista metodologico**, il Progetto è basato su **n. 3 linee di attività (A1, A2 e A3)**:

1. **A1**, calcolo della massa di: (i) legno prelevato ( $t \cdot ha^{-1} \cdot anno^{-1}$  sostanza secca, SS) da impiegare per la costruzione di prodotti legnosi a lungo ciclo di vita; (ii) residui legnosi prelevabili ( $t \cdot ha^{-1} \cdot anno^{-1}$  SS), utilizzabili per la generazione di energia termica e/o elettrica; (iii) legno ( $t \cdot ha^{-1} \cdot anno^{-1}$  SS) e carbonio ( $t \cdot ha^{-1} \cdot anno^{-1}$  C) stoccata all'interno delle particelle. È stato sviluppato il **modello empirico Woody Biomass and Carbon ASsessment (WOCAS v2)** e i calcoli sono eseguiti per (i) biomassa legnosa epigea e (ii) ipogea e (iii) sostanza organica morta, applicando un approccio coerente con le Linee Guida IPCC. WOCAS è stato testato per 2000 particelle pubbliche della Valle Camonica (45 Piani di Assesamento; 37000 ha; periodo: 1984-2016).
2. **A2**, (i) selezione dei cantieri forestali più adatti per il prelievo di legno e (ii) calcolo delle loro prestazioni economiche ( $P_{ECO}$ ;  $€ \cdot h^{-1}$ ) e ambientali ( $P_{AMB}$ ;  $kg \cdot h^{-1}$ ). Per eseguire la selezione, è stato messo a punto il **modello FOREstry Machinery Chain Selection (FOREMA v1)**. Per ciascun cantiere, FOREMA v1 definisce la sequenza delle operazioni e le macchine impiegabili, combinando informazioni (derivanti da WOCAS) relative a: (i) caratteristiche della particella, (ii) caratteristiche del sistema di produzione e (iii) limitazioni tecniche e economiche. Mediante un terzo **modello** chiamato **ENVironmental Inventory of Agricultural Machinery Operations (ENVIAM v3)**, sviluppato alcuni anni fa da UniMi-DiSAA e recentemente migliorato, sono calcolate  $P_{ECO}$  e  $P_{AMB}$  di ciascuna operazione componente il cantiere precedentemente selezionato.  $P_{ECO}$  sono suddivise in: (i) costi fissi e (ii) variabili, mentre  $P_{AMB}$  sono suddivise in: (i) fattori produttivi a logorio totale (combustibili, lubrificanti e AdBlue), (ii) fattori produttivi a logorio parziale (materiali componenti le macchine), (iii) emissioni in atmosfera (da combustione gasolio) e (iv) nel suolo (da abrasione pneumatici). FOREMA v1 e ENVIAM v3 sono applicati a particelle campione di abete rosso (specie principale del Distretto).

3. **A3**: i principali risultati derivanti da A1 e A2 sono spazializzati mediante il **software ArcGIS®** generando, per ciascuna particella forestale, una Scheda di Classificazione Particellare (SCP).