

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA



Dipartimento: Territorio e Sistemi Agro-Forestali

Corso di Laurea: Scienze Forestali e Ambientali

Tesi di Laurea Magistrale

Valutazione di differenti metodi di calcolo dei crediti di carbonio forestali nel Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano

Relatore: Prof. Tommaso Anfodillo

Studente: Enrico Fortin

Correlatore: Dott. Willy Reggioni

Anno Accademico: 2022/2023

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA



Dipartimento: Territorio e Sistemi Agro-Forestali

Corso di Laurea: Scienze Forestali e Ambientali

Tesi di Laurea Magistrale

Valutazione di differenti metodi di calcolo dei crediti di carbonio forestali nel Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano

Relatore: Prof. Tommaso Anfodillo

Studente: Enrico Fortin

Correlatore: Dott. Willy Reggioni

Anno Accademico: 2022/2023

INDICE

CAPITOLO 1- INTRODUZIONE.....	6
1.1 - IL MERCATO DEI CREDITI DI CARBONIO e LA CERTIFICAZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI FORESTALI.....	6
1.2 – CRITICITA’ PIU’ DIFFUSE NELLA CREAZIONE DEI CREDITI DI CARBONIO.....	8
1.3 - LA CERTIFICAZIONE FORESTALE NEL PARCO DELL’APPENNINO TOSCO EMILIANO.....	9
1.4 – OBIETTIVO DEL LAVORO.....	11
CAPITOLO 2 - MATERIALE E METODI.....	13
2.1 - AREE DI RILIEVO.....	13
2.2 – IL CAMPIONAMENTO STRATIFICATO.....	17
2.2.1 - DETERMINAZIONE DELL’AREA CAMPIONABILE.....	20
2.2.2 - COSTRUZIONE DELLO SCHEMA DI CAMPIONAMENTO STRATIFICATO.....	23
2.3 - METODO DI RILIEVO IN CAMPO e GRANDEZZE MISURATE.....	24
2.4 – ELABORAZIONE DEI DATI RILEVATI.....	26
2.5 - METODI DI CALCOLO DEI CREDITI DI CARBONIO.....	28
2.5.1 – CALCOLO DEI CREDITI DI CARBONIO CON BASELINE PIANO DI ASSESTAMENTO.....	30
2.5.2 – CALCOLO DEI CREDITI DI CARBONIO CON BASELINE PMPF.....	31
2.5.2.1 – DETERMINAZIONE DI TUTTI GLI INTERVENTI DI TAGLIO POSSIBILI SECONDO LE PMPF.....	31
2.5.2.1.1 – DETERMINAZIONE DELL’ETA’ DELLE PARTICELLE DELLE COMPRESSE DI PROTEZIONE.....	34
CAPITOLO 3 - RISULTATI E DISCUSSIONE.....	36
3.1 – IL CAMPIONAMENTO STRATIFICATO.....	36
3.1.1 - DETERMINAZIONE AREA CAMPIONABILE.....	36
3.1.2 – COSTRUZIONE DELLO SCHEMA DI CAMPIONAMENTO STRATIFICATO.....	45
3.2 – PRESENTAZIONE DEI DATI RILEVATI.....	50
3.2.1 – DATI DA AdS CON PROVE RELASCOPICHE.....	50
3.2.2 – DATI DA AdS CON CAVALLETAMENTO TOTALE.....	54
3.2.2.1 – DATI DI INCREMENTO DELL’USO CIVICO DI MISCOSO.....	54
3.2.2.2 – DATI DI INCREMENTO DELL’USO CIVICO DI SUCCISO.....	61
3.2.3 – CONFRONTO DEI VALORI DENDROMETRICI PRINCIPALI FRA DATI MISURATI IN CAMPO E DATI RIPORTATI NEI PIANI D’ASSESTAMENTO...	66
3.3 - RISULTATI DEL CALCOLO DEI CREDITI DI CARBONIO.....	68

3.3.1 – CALCOLO DEI CREDITI DI CARBONIO CON BASELINE PIANO DI ASSESTAMENTO.....	68
3.3.2.1 – DETERMINAZIONE DELLE PARTICELLE DELLE COMPRESSE PI ANCORA UTILIZZABILI.....	70
3.5.2.2 – CALCOLO DEI CREDITI DI CARBONIO CON BASELINE PIANO DI ASSESTAMENTO.....	74
3.3.3 – CONFRONTO DELLA QUANTITA’ DI CREDITI DI CARBONIO GENERATI DALLE DUE BASELINE.....	77
CAPITOLO 4- CONCLUSIONI.....	78
BIBLIOGRAFIA.....	82
SITOGRAFIA.....	83
ALLEGATO 1 – TAVOLA DI CUBATURA PER POPOLAMENTI DI FAGGIO.....	85

CAPITOLO 1- INTRODUZIONE

1.1 - IL MERCATO DEI CREDITI DI CARBONIO e LA CERTIFICAZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI FORESTALI

Il crescente cambiamento climatico ha, particolarmente negli ultimi anni, aumentato l'interesse alla riduzione degli impatti negativi sull'ambiente provocati dalle attività antropiche. Uno degli obiettivi principale che ci si è posti, specialmente dopo la firma del protocollo di Kyoto nel 1997, è la riduzione, o la mitigazione, delle emissioni di GHG, responsabili dell'aumento di temperatura del pianeta (Böhringer, 2003). È ormai chiaro il ruolo fondamentale che le foreste possiedono come compensatrici degli effetti negativi sul clima, dovuti all'aumento della concentrazione di anidride carbonica nell'atmosfera, in quanto in grado di prelevare CO₂ dall'ambiente: si stima che le foreste assorbano all'incirca il 12% delle emissioni annuali globali di carbonio (Vacchiano *et al.*, 2018) e che, in Italia, le foreste assorbano circa 4 Mg di C su un ettaro in un anno (Matteucci e Scarascia-Mugnozza, 2007).

Grazie alla capacità di produrre un tale servizio ecosistemico, si è cominciato a guardare alle foreste con uno sguardo differente, non più solamente come un ecosistema in grado di produrre legname, ma anche come capace di mitigare l'impatto dell'inquinamento antropico sull'ambiente. Riconoscendo alle foreste un ruolo importante nella lotta ai cambiamenti climatici e dando un valore dal punto di vista economico all'attività da esse svolta, è cambiata la gestione forestale dei boschi: rispetto alla gestione tradizionale orientata alla sola produzione di legname, è cominciata una conversione verso tecniche gestionali con lo scopo di aumentare l'assorbimento di CO₂ e la generazione di crediti di carbonio (Sankar, 2020).

Molte aziende ormai contano sul fatto di poter mitigare le proprie emissioni tramite l'acquisto di crediti di carbonio (Kreibich e Hermwille, 2021), ovvero la possibilità compensare le proprie tonnellate di carbonio emesse nell'ambiente, con l'acquisto di una quantità equivalente che invece è stata prelevata dall'atmosfera grazie alla crescita delle piante in una foresta.

La necessità di poter acquistare questo servizio ecosistemico ha portato alla creazione di un mercato in cui vengono scambiati i crediti di carbonio. Attualmente esso si è sviluppato in due forme diverse (Kollmuss *et al.*, 2008):

- Mercato Obbligatorio: ovvero un mercato regolato da accordi tra i partecipanti che vengono obbligati a raggiungere certi obiettivi di riduzione e/o mitigazione delle proprie emissioni di carbonio. Lo scambio di crediti di carbonio viene imposto ai partecipanti al fine di raggiungere tali obiettivi. Questo mercato obbligatorio si è sviluppato simultaneamente in seguito alla firma di accordi diversi: il più importante è il Protocollo di Kyoto che ha creato un mercato tra i Paesi che hanno ratificato gli accordi, al suo interno si è poi sviluppato il mercato europeo dei crediti di carbonio, l'EU-ETS (EU Emissions Trading Scheme). Esistono poi anche altri accordi negli Stati Uniti e in Australia: il New South Wales GHG Abatement Scheme (NSW GHGAS) firmato in Australia nel 2003,

il Regional Greenhouse Gas Initiative (RGGI) attivo dal 2009 negli Stati Uniti nord-orientali e il Western Climate Initiative (WCI) siglato nella British Columbia nel 2007.

- Mercato Volontario: ovvero un mercato in cui lo scambio di crediti di carbonio non è regolato da accordi tra i partecipanti che si impongono degli obiettivi da raggiungere, ma è formato da membri (ONG, Enti governativi, Individui...) che acquistano e vendono crediti tra loro al fine di mitigare le proprie emissioni di carbonio pur non avendo un obiettivo concordato da raggiungere obbligatoriamente.

Nonostante i due mercati si siano sviluppati negli stessi anni, la loro dimensione è sensibilmente diversa: nel 2006, 23 milioni di Mg di CO₂ sono stati scambiati per un valore complessivo di 62.6 milioni di euro nel mercato volontario; mentre l'ammontare totale dei crediti scambiati nel mercato obbligatorio ammontava a 466 milioni di Mg, per un valore di 23 miliardi di euro (Kollmuss *et al.*, 2008). La dimensione dei mercati è cresciuta incostantemente nei decenni, ma ha registrato una notevole espansione negli ultimi anni: nel 2021 il mercato volontario ha scambiato 298 milioni di Mg di CO₂ equivalente per un valore di mercato di 1 miliardo di dollari⁽¹⁾.

Nonostante sia nel mercato obbligatorio dove vengono scambiate la maggior quantità di crediti di carbonio e denaro, alcune ricerche (Vacchiano *et al.*, 2018; Ciccacese *et al.*, 2011) hanno evidenziato delle criticità nella sua struttura. Due aspetti negativi risiedono nel fatto che: ai proprietari forestali non viene riconosciuto alcun compenso economico dalla vendita dei crediti nonostante essi siano stati generati nelle loro proprietà; il commercio di questi crediti avviene a livello internazionale per cui è difficile che si crei un legame tra il luogo in cui essi sono stati generati e il luogo in cui sono state generate le emissioni da essi compensate. Il mercato volontario ha invece le potenzialità per essere più efficace sotto questi due punti di vista: i proventi della vendita dei crediti arrivano al proprietario forestale che si impegna per la loro generazione e, inoltre, è possibile creare un mercato locale dove, all'interno dello stesso territorio, si trovi sia il soggetto che vuole compensare le proprie emissioni, sia il soggetto che genera i crediti di carbonio. Un esempio della creazione efficace di un mercato volontario locale di crediti di carbonio è la piattaforma Carbomark creata all'interno del Progetto Life+ CARBOMARK - *Improvement of policies towards Local voluntary carbon markets for climate change mitigation* (LIFE07 ENV/IT/000388). Essa consiste in una piattaforma in cui è stato possibile connettere a livello locale soggetti che generano crediti e soggetti interessati al loro acquisto all'interno del territorio regionale di Veneto e Friuli-Venezia Giulia. I punti di forza di questa piattaforma sono la credibilità, l'innovazione e la trasparenza, assieme al legame che si crea tra soggetto acquirente e soggetto generante i crediti di carbonio ⁽²⁾; ciò evidenzia che questo tipo di mercato volontario locale è particolarmente adatto al settore forestale poiché esso ha regole meno stringenti e si adatta meglio alle necessità dei piccoli proprietari forestali. Questa evidente affinità è dimostrata dal fatto che, nel 2010, il 73% degli scambi di crediti di carbonio generati nel settore forestale è avvenuto nel mercato volontario (Brotto e Pettenella, 2010).

Di recente, è stato compiuto anche un passo ulteriore verso il riconoscimento economico del valore anche degli altri servizi ecosistemici offerti dall'ecosistema foresta: la tutela della biodiversità, la regimazione delle acque, l'assorbimento di carbonio nel suolo, i servizi turistico ricreativi e quelli di miglioramento del benessere psico-fisico. I due principali enti di certificazione forestale sostenibile e responsabile, PEFC e FSC, hanno infatti reso possibile la certificazione anche di altri servizi ecosistemici, diversi da quello di assorbimento di CO₂. In particolare, FSC offre la possibilità di certificare 5 servizi ecosistemici: Sequestro e stoccaggio del carbonio, Conservazione della biodiversità, Servizi di regolazione idrica, Conservazione del suolo, Servizi ricreativi⁽¹⁾; mentre PEFC ne permette di certificare 4: Carbonio Forestale: stoccaggio, assorbimento e non emissione, Tutela della Biodiversità, Funzioni Turistico Ricreative, Idoneità del benessere forestale⁽²⁾.

Nonostante non esista un mercato per il commercio di questi SE, come invece esiste per i crediti di carbonio, i due enti certificatori hanno deciso di fornire la possibilità di riconoscere un valore anche agli altri servizi ecosistemici per “Contribuire a massimizzare i potenziali benefici ecosistemici e minimizzare i possibili effetti negativi, aumentando la fiducia dei portatori d'interesse relativamente a progetti di gestione attiva del bosco e delle piantagioni arboree nell'ottica di incrementare i servizi ecosistemici”⁽³⁾.

1.2 – CRITICITA' PIU' DIFFUSE NELLA CREAZIONE DEI CREDITI DI CARBONIO

Se da un lato è vero che il mercato dei crediti di carbonio può essere uno strumento efficace per la lotta ai cambiamenti climatici, è altrettanto vero che esistono delle preoccupazioni nella sua struttura e nel suo funzionamento, specialmente per quanto riguarda il mercato volontario che non ha ancora trovato una solida regolamentazione dopo gli accordi di Parigi del 2015 (Kreibich e Hermwille, 2021).

Attualmente una delle maggiori preoccupazioni è la validità dei metodi di calcolo con cui si arriva a determinare la quantità di C stoccata da un certo progetto. Come evidenziato da un articolo pubblicato su Science il 5 maggio 2023 (Balmford *et al.*, 2023) è fondamentale che i crediti di carbonio rappresentino il corretto beneficio ambientale da essi apportato, in modo da compensare l'eguale quantità equivalente di C emesso. Se il metodo di calcolo utilizzato non è preciso c'è il rischio di mettere in commercio dei crediti falsati, che perdono credibilità sul mercato e non apportano il beneficio ambientale che gli è richiesto.

Il procedimento per il calcolo dei crediti di carbonio è composto da varie fasi e può condurre a risultati errati per vari motivi, le criticità attualmente più discusse sono due:

- **Mancanza di dati adeguati:** la qualità dei dati disponibili per i metodi di calcolo è di fondamentale importanza per la solidità della loro esecuzione. L'utilizzo di dati non rappresentativi delle condizioni reali in cui il progetto viene svolto può portare ad enormi errori nella quantificazione dei crediti di carbonio. Ne è un esempio il caso della California: in una ricerca del 2021 è stato dimostrato come vi sia stata una considerevole sovrastima dell'ammontare totale dei crediti

prodotti nello Stato, pari a circa 30 milioni di Mg di CO₂ equivalente per un valore medio di mercato di 410 milioni di dollari (Badgley *et al.*, 2021). Questo errore è in gran parte generato da una mancanza di dati dendrometrici (principalmente di provvigione). Quelli presenti negli inventari attualmente esistenti in California non sono statisticamente sufficienti, vengono mediati dati riguardanti specie vegetali diverse e di popolamenti che crescono in condizioni differenti. L'utilizzo di dati mediati su una scala troppo ampia porta a degli errori considerevoli e crea, come detto in precedenza, una differenza non trascurabile tra i benefici ambientali prodotti dalle foreste rispetto alla quantità di crediti venduti, provocando, inoltre, un calo nella credibilità del mercato dei crediti di carbonio americano.

- **Determinazione della baseline:** il principio cardine con cui si calcolano le tonnellate di C equivalente stoccate tramite una certa attività è quello dell'addizionalità: si deve determinare quali sarebbero state le emissioni di tale attività svolta in condizioni abituali, "normali" (la cosiddetta baseline), e quali invece sono le emissioni ottenute migliorando questa attività, rendendola meno impattante sull'ambiente. La differenza tra queste due quantità corrisponde ai crediti di carbonio che possono essere immessi sul mercato.

Se vi possono essere errori, come visto nel punto precedente, nel calcolo delle emissioni/stoccaggi di CO₂ di un progetto, possono anche esserci degli errori nella determinazione della baseline, ovvero quale considerare come condizione abituale, "normale". Ovviamente, per baseline diverse, si otterranno diverse quantità di C stoccato. In un articolo del 2009 si è dimostrato come l'utilizzo di 5 diversi metodi per la stima di una baseline nei meccanismi di REDD (Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation) porti a differenze anche di due ordini di grandezza nella quantità totale dei milioni di tonnellate di CO₂ stoccata (Griscom *et al.*, 2009).

1.3 - LA CERTIFICAZIONE FORESTALE NEL PARCO DELL'APPENNINO TOSCO EMILIANO

Il Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano si è inserito nel contesto politico-ambientale descritto nel paragrafo precedente, in quanto ha individuato nella certificazione forestale, e nel commercio dei crediti di carbonio nel mercato volontario, una risposta al problema di adattare le foreste dell'appennino nord-occidentale ai cambiamenti climatici.

Questa scelta è stata ritenuta necessaria a causa delle attuali condizioni della maggior parte delle foreste di quest'area degli Appennini: basti pensare che dall'inventario forestale nazionale del 2015⁽³⁾ risulta che il 60,42% dei boschi in Emilia-Romagna è governato a ceduo (con l'86,63% di ceduo matricinato, in prevalenza di faggio) contro solo il 18,51% di bosco governato a fustaia. L'intensa ceduazione di questi boschi ha portato ad un'estrema semplificazione dell'ecosistema forestale, generando delle preoccupazioni sulla resilienza di questi boschi ai cambiamenti climatici e sulla loro capacità di essere un luogo in cui la biodiversità possa prosperare.

Nel 2020 è cominciato un processo di Certificazione della gestione forestale sostenibile e responsabile secondo gli standard PEFC e FSC, ritenendolo uno strumento adatto per avviare un cambiamento nella gestione forestale tradizionale, permettendo ai proprietari forestali più virtuosi di vedere riconosciuto il proprio impegno nel migliorare l'ecosistema forestale, premiando tutti i benefici che una questa scelta comporta: aumento dello stoccaggio di carbonio, regimazione del ciclo dell'acqua, aumento della biodiversità, miglioramento delle attività turistico ricreative... Ovviamente una scelta di questo tipo presenta un'importante criticità: la diminuzione della produzione della legna da ardere, ad oggi l'unico prodotto legnoso di queste foreste e unica fonte di guadagno per i proprietari forestali. Si è quindi proposta una remunerazione, complementare alla vendita della legna da ardere comunque presente, che si basa sulla vendita di servizi ecosistemici certificati. Si è pensato di entrare nel mercato volontario dei crediti di carbonio, vendendo le tonnellate di CO₂ stoccate dalle foreste certificate. Per riuscire a mettere in valore anche gli altri servizi ecosistemici, riconoscendo quindi ai proprietari la sostenibilità della loro gestione anche dal punto di vista degli altri SE certificabili, i crediti sono stati commercializzati con il nome di "Crediti di Sostenibilità", non come crediti di carbonio, a voler sottolineare il fatto che i SE certificati fossero altri oltre al solo servizio di assorbimento di CO₂.

Per quanto riguarda l'area da certificare è stato chiaro fin da subito che i boschi in diretta gestione al Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano non fossero sufficienti per determinare un cambiamento diffuso della gestione forestale e tanto meno potessero avere un contributo considerevole sul miglioramento dei servizi ecosistemici forestali dell'appennino nord-occidentale. Questo poiché si tratta di una superficie troppo piccola, ovvero due foreste demaniali di circa 1900 ha in totale: il complesso forestale della Val Cedra (401 ha) e il complesso forestale Val Parma (1456 ha). Si è quindi deciso di creare un Gruppo di Gestione Forestale (come previsto dallo standard FSC FSC-STD-30-005 V2-0 IT), di cui il Parco Nazionale è il Membro Coordinatore, dando la possibilità di certificare il proprio bosco anche a proprietari forestali esterni al Parco. Il progetto è quello di coinvolgere tutti i proprietari presenti all'interno della Riserva MAB dell'Appennino tosco-emiliano di cui il parco è il soggetto responsabile. Data la grande estensione della Riserva (circa 80.000 ha) non è stato possibile rivolgersi a tutte le proprietà presenti al suo interno; perciò, si è deciso di coinvolgere per primi solo gli Usi Civici, ovvero tutte le proprietà collettive situate dentro la Riserva. Questi soggetti sono stati ritenuti idonei alla Certificazione FSC e PEFC perchè: possiedono proprietà abbastanza estese, sono attivi nella gestione (per certificarsi è necessario il piano di assestamento), essendo proprietà collettive in genere hanno un minor interesse sullo sfruttamento economico del bosco e sono più attenti alla sostenibilità delle proprie scelte.

Al fine di riuscire a creare un mercato locale dei crediti di carbonio si è deciso che gli acquirenti di tali crediti fossero anch'essi solamente soggetti situati all'interno della Riserva MAB.

Nel 2022 è stato creato il Gruppo di Gestione Forestale con l'adesione di 13 membri e 14 unità gestionali. Sin dal primo anno è avvenuta non solo la certificazione della

gestione forestale sostenibile e responsabile, ma anche quella dei 5 servizi ecosistemici certificabili da FSC e i 3 da PEFC.

Dopo l'esperienza maturata nel primo anno del progetto si sono potuti osservare i vantaggi e le criticità che esso presenta: come detto al sottocapitolo 1.1 è possibile creare un mercato volontario locale, in cui aziende e proprietari dello stesso territorio scambiano crediti prodotti al suo interno ed è stata positiva la risposta dei proprietari nel vedere direttamente remunerate le proprie scelte di gestione sostenibile e responsabile. Sono però emerse anche le criticità riportate al sottocapitolo 1.2, ovvero che il metodo di calcolo dei crediti di carbonio non è solido e ben strutturato: vi è una mancanza di dati necessari (gli unici disponibili sono quelli dell'Inventario Nazionale oppure quelli riportati nei piani di assestamento delle proprietà che però molto spesso sono insufficienti o misurati in maniera troppo grossolana); è inoltre sorto il dubbio di che baseline utilizzare, poiché gli standard PEFC e FSC, assieme al Codice del Carbonio, non stabiliscono chiaramente quale sia il criterio con cui individuarla.

1.4 – OBIETTIVO DEL LAVORO

L'obiettivo di questo lavoro è quindi quello di cercare di fornire delle risposte ai dubbi generati dall'esperienza dell'anno passato, in particolare per quanto riguarda due questioni:

- Cercare la presenza di un possibile errore, una sovrastima o una sottostima, nel processo di calcolo dei crediti di carbonio, dovuto all'utilizzo di dati dendrometrici (provvigione ed incremento corrente del bosco) non precisi. Per arrivare a determinare quest'errore è quindi necessario effettuare delle misure specifiche di tali grandezze in campo. Si è deciso di svolgere un'attività di campionamento non particolarmente approfondita, ovvero impiegando delle procedure speditive per la raccolta dei dati, pur rispettando le regole di un corretto campionamento statistico di misure di provvigione ed incremento corrente di un bosco.

Una volta raccolti ed elaborati tutti i dati necessari si è effettuato un confronto tra la quantità di crediti di carbonio prodotti utilizzando nei calcoli tali numeri oppure i valori delle stesse grandezze riportati nei piani d'assestamento delle proprietà esaminate.

- Applicare due baseline diverse per il calcolo dei crediti. Si è confrontato l'utilizzo dello stesso tipo di baseline utilizzata l'anno scorso, ovvero quella che considera come normale attività di gestione forestale tutti gli interventi programmati nei piani d'assestamento, contro l'applicazione di una baseline che faccia riferimento alle Prescrizioni di Massima e Politica Forestale, ovvero che consideri come normale attività di gestione forestale tutti i massimi interventi di taglio possibili ai sensi di legge.

Si è effettuato questo confronto al fine di chiarire due dubbi riguardanti l'uso di baseline diverse: a quanto ammonti la differenza nella quantità di crediti generati a fronte del cambio di baseline; se si manifesti un'inversione della quantità

massima di crediti prodotti in due proprietà diverse che abbiano due indirizzi di gestione forestale opposti, ovvero se un bosco gestito in maniera più interventista generi sempre più crediti di uno gestito in modo più conservativo, anche a fronte dell'utilizzo di baseline differenti.

CAPITOLO 2 - MATERIALE E METODI

Nei seguenti paragrafi vengono illustrate tutte le metodologie utilizzate per eseguire i rilievi e calcoli. Esse sono state scelte mantenendo un approccio speditivo, ovvero di effettuare le operazioni nel modo più adatto alle esigenze di una pratica gestionale concreta che necessita di tempi e metodi congrui alla capacità tecniche e logistiche dei dottori forestali che gestiscono le varie unità di gestione. Questo si è tradotto nell'uso di software opensource (ad esempio QGis come software GIS), nell'utilizzo dei migliori dati disponibili gratuitamente (ad esempio file DEM forniti dalla Regione Emilia-Romagna) e, soprattutto, nella scelta di metodi di campionamento e di elaborazione dei dati che non richiedano tempi eccessivi.

2.1 - AREE DI RILIEVO

Le aree soggette ai rilievi sono i boschi di proprietà di due usi civici: l'Uso Civico di Miscoso e l'Uso Civico di Succiso. Sono entrambi proprietà collettive la cui gestione è affidata ai Comitati eletti tra i residenti negli omonimi paesi di Miscoso e Succiso, situati nell'appennino nord-occidentale in provincia di Reggio Emilia, nel comune di Ventasso. I boschi di proprietà di entrambi gli usi civici ricadono nel territorio del Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano e fanno anche parte della Rete Natura2000 in quanto compresi nella zona SIC-ZPS IT4030001 Monte Acuto, Alpe di Succiso.

Il territorio dei due Usi Civici si trova tra i versanti nord, nord-est del Monte Acuto, Monte Casarola e l'Alpe di Succiso, da una quota minima di 900 m (dove si trovano gli abitati di Miscoso e Succiso) fino alle cime di tali rilievi (la cima più alta è l'Alpe di Succiso con 2016 m). I boschi si trovano fino ad una quota di circa 1350/1400 m, ad altitudini maggiori si trovano solamente pascoli con qualche albero sporadico. La specie vegetale dominante è il Faggio (*Fagus sylvatica*) che si presenta in varie associazioni fitologiche: abieti-faggeti (anche se l'abete bianco rimasto non è di origine autoctona ma alpina), aceri-faggeti, luzulo-faggeti, faggeti degradati o di alta quota.

Al fine di migliorare la gestione forestale e offrire qualche opportunità lavorativa, nel 2000 è stato fondato il Consorzio Forestale "Alpe di Succiso" a cui si sono associati gli Usi Civici di Miscoso e Succiso e alcuni piccoli proprietari privati risiedenti nei vicini paesi di Miscoso, Succiso e Cecciola (dal Piano d'Assestamento dei Beni di Uso Civico della Frazione di Miscoso, periodo di validità 2018– 2027; e dal Piano d'Assestamento dei Beni di Uso Civico della Frazione di Succiso, periodo di validità 2018– 2027).

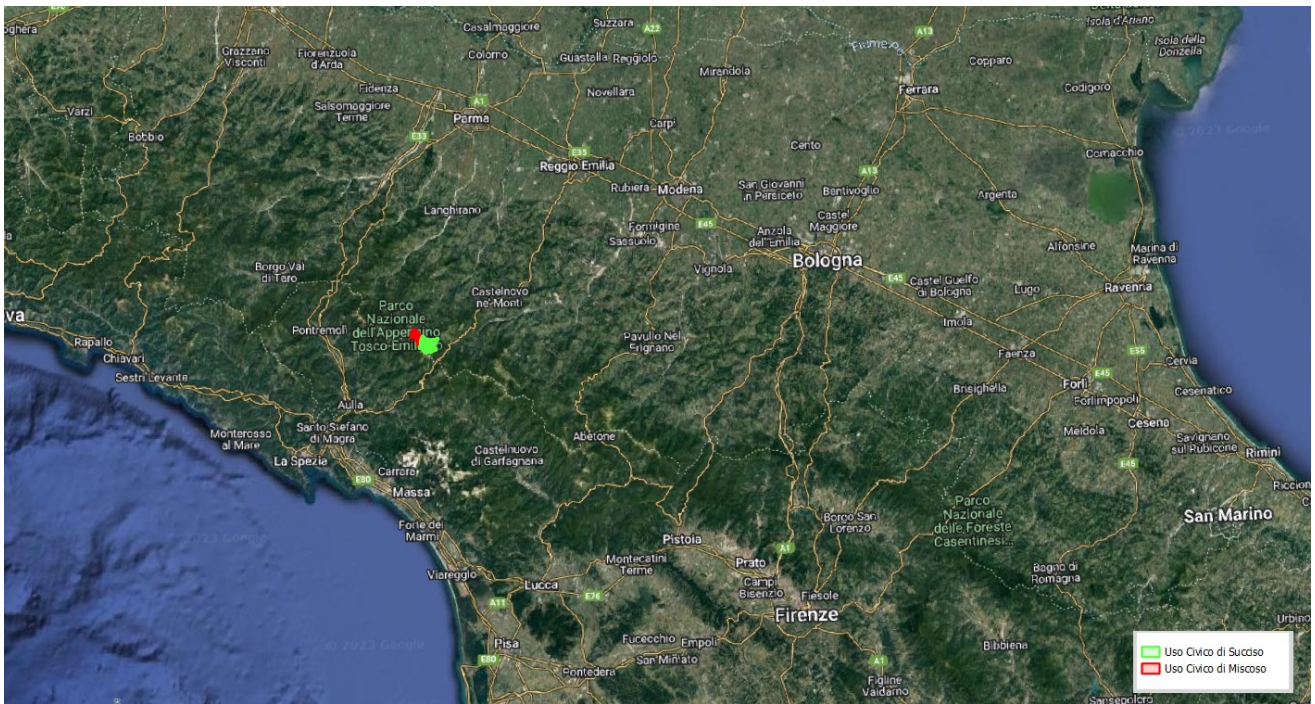


Immagine 1.1 – Posizione geografica dei due usi civici

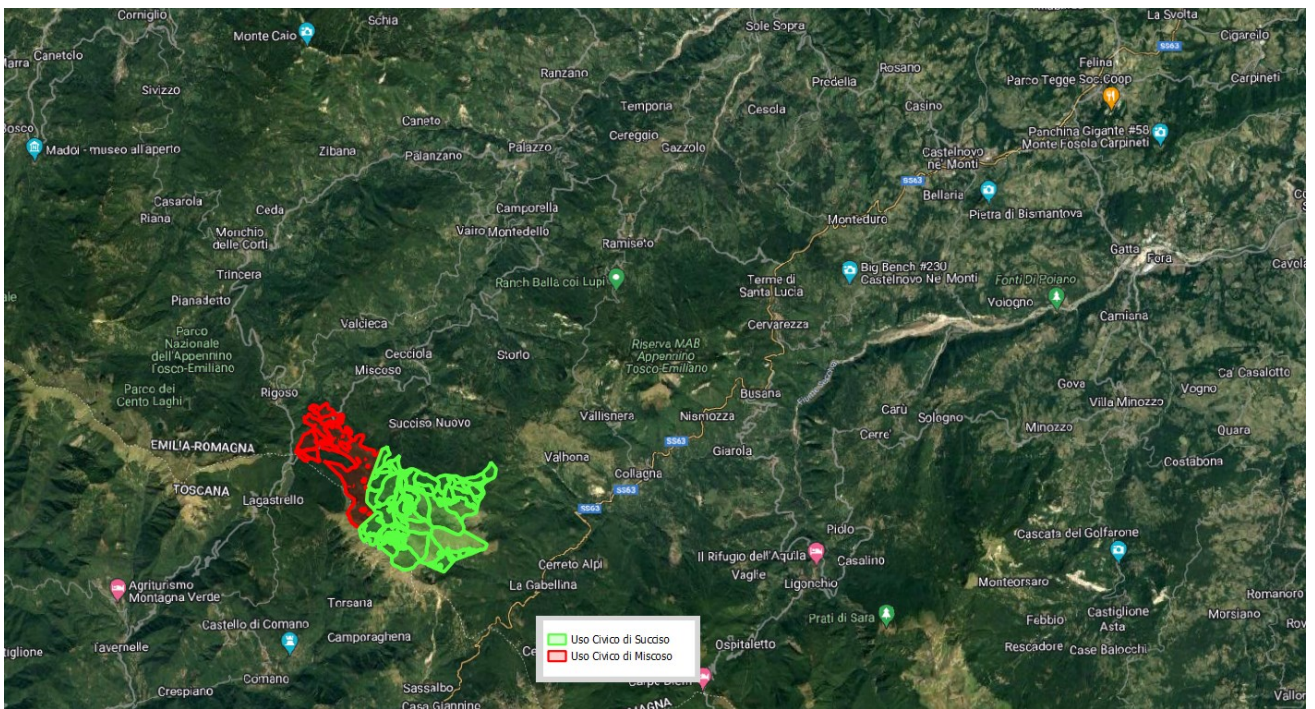


Immagine 1.2 – Posizione geografica dei due usi civici

Entrambe le proprietà sono state assestate per la prima volta nel 2005 ed attualmente è in vigore la prima revisione di tale piano d’asestamento (fino al 2027). Nonostante i due usi civici siano confinanti, l’approccio alla gestione forestale delle due proprietà è stato diverso lungo gli anni del dopoguerra. Quello che si è osservato è stato una diminuzione drastica delle utilizzazioni nei cedui di faggio (unica forma di

governo presente prima degli anni 50) assieme ad un rimboschimento naturale dei molti prati storicamente pascolati di cui si è abbandonato l'uso.

A partire dagli anni novanta si è però differenziata la gestione forestale dei due usi civici: in quello di Succiso la si è quasi completamente abbandonata, gli unici interventi eseguiti sono stati dei tagli di conversione all'alto fusto (già iniziati negli anni 60) negli anni ottanta e novanta e qualche diradamento nelle stesse fustaie transitorie nei primi anni del 2000; non è stata presentata più alcuna richiesta di prelievo di legna da ardere da parte degli aventi diritto, di conseguenza la gestione attiva del ceduo produttivo è limitata ad un'area molto contenuta.

Al contrario nell'uso civico di Miscoso dopo gli anni Novanta si è osservata una ripresa delle utilizzazioni nel ceduo di faggio, non solo per quanto riguarda il diritto di prelievo dei membri dell'uso civico, ma anche per l'assegnazione dell'utilizzo di molti lotti boschivi di ceduo ancora in turno ad una impresa forestale locale.

Il differente approccio alla gestione forestale dei due usi civici è ben sottolineato dal contenuto dei due piani di assestamento attualmente in vigore:

- L'estensione della compresa di ceduo produttivo: nell'uso civico di Miscoso è pari a 130 ha (il 38% dell'intera proprietà) mentre in quello di Succiso è solo di 18 ha (appena il 4% del totale)
- Il numero di interventi previsti: per Miscoso sono previste 33 utilizzazioni, la cui maggior parte nella compresa di ceduo produttivo, mentre per Succiso ne sono previste 18, di cui la maggior parte sono diradamenti nelle fustaie di transizione già avviate.

Attualmente i valori delle principali grandezze dendrometriche riportate nei piani di assestamento sono quelle riportate nelle seguenti tabelle. Questi valori saranno confrontati con le grandezze misurate in campo e utilizzati per stimare la presenza e l'entità di un errore nei calcoli dei crediti di carbonio.

USO CIVICO DI MISCOSO	
Compresa CP	
Area totale boscata [ha]	130,11
G [m ² /ha]	35,77
H _d [m]	15,99
Provvigione [m ³ /ha]	207,37
Incremento corrente [m ³ /ha·y ⁻¹]	4
Incremento corrente %	1,93
Compresa FT	
Area totale boscata [ha]	81,89
G [m ² /ha]	44,35
H _d [m]	16,20
Provvigione [m ³ /ha]	270,19
Incremento corrente [m ³ /ha·y ⁻¹]	4

Incremento corrente %	1,48
Compresa PI	
Area totale boscata [ha]	108,72
G [m ² /ha]	18-50
H _d [m]	8-19
Provvigione [m ³ /ha]	90-350
Incremento corrente [m ³ /ha·y ⁻¹]	4
Incremento corrente %	1,14-4,4

Tab 1.1 – Valori delle principali grandezze dendrometriche delle comprese riportati nel piano d’assestamento dell’Uso Civico di Miscoso

USO CIVICO DI SUCCISO	
Compresa CP	
Area totale boscata [ha]	18,74
G [m ² /ha]	-
H _d [m]	-
Provvigione [m ³ /ha]	-
Incremento corrente [m ³ /ha·y ⁻¹]	3,5
Incremento corrente %	-
Compresa FT	
Area totale boscata [ha]	118,80
G [m ² /ha]	47,8
H _d [m]	18,8
Provvigione [m ³ /ha]	336
Incremento corrente [m ³ /ha·y ⁻¹]	3,5
Incremento corrente %	1,04
Compresa PI	
Area totale boscata [ha]	336,85
G [m ² /ha]	51,2
H _d [m]	18,7
Provvigione [m ³ /ha]	355
Incremento corrente [m ³ /ha·y ⁻¹]	3,5
Incremento corrente %	0,99

Tab 1.2 – Valori delle principali grandezze dendrometriche delle comprese riportati nel piano d’assestamento dell’Uso Civico di Succiso

2.2 – IL CAMPIONAMENTO STRATIFICATO

La prima fase di lavoro corrisponde alla costruzione del disegno di campionamento, ovvero alla determinazione dei punti dove effettuare le aree di saggio.

Al fine di ottenere dei dati il più possibile privi di distorsione e, al contempo, con la massima accuratezza possibile, si è optato per un campionamento stratificato con schema di distribuzione delle aree di saggio sistematico (griglia a maglie quadrate).

La stratificazione è avvenuta, indipendentemente per ogni uso civico, in base all'estensione delle diverse comprese presenti all'interno dei piani di assestamento dei due usi civici: si è garantito che il numero di aree di saggio presenti all'interno di ogni compresa (rispetto al numero totale di punti presenti in tutte le comprese) fosse proporzionale all'estensione della compresa stessa (rispetto alla somma dell'area di tutte le comprese). La griglia utilizzata è a maglie quadrate la cui interdistanza tra i punti è stata modulata in modo da ottenere un numero di punti adeguato alle necessità descritte in precedenza: non eccessivamente basso per non far calare troppo l'accuratezza del campionamento, non eccessivamente alto per non far salire troppo i tempi necessari per il rilievo di tutte le aree di saggio.

Il punto di partenza per la costruzione del disegno di campionamento sono gli shapefile che contengono la cartografia delle particelle forestali dei due usi civici. Questi file sono stati forniti al Parco dal dottore forestale che ha redatto i piani di assestamento dei due usi civici.

In entrambi gli usi civici sono presenti sia aree boscate che aree di prateria d'alta quota destinate al pascolo del bestiame. Quest'ultime sono state escluse dal campionamento perché non costituite da bosco, nelle seguenti immagini non sono rappresentate. Per quanto riguarda l'Uso Civico di Succiso si è provveduto fin da subito a non considerare all'interno delle operazioni della costruzione del campionamento stratificato le particelle: 25a, 27a, 1a, 1c, 1d. Le particelle 25a e 27a sono state eliminate perché situate troppo distante dal corpo principale della proprietà e quindi scomode da raggiungere. Le particelle 1a, 1c e 1d sono state eliminate poiché distanti, molto piccole e situate su una vecchia frana, al loro interno crescono dei popolamenti in condizioni pedologiche molto limitanti, troppo diverse rispetto al resto delle particelle. Si è ritenuto scorretto includerle nel campionamento, poiché il valore di provvigione e di incremento di tali popolamenti sarà molto diverso da quello che si riscontra in boschi cresciuti senza tali condizioni limitanti. Anch'esse nelle seguenti immagini non vengono rappresentate.

Di seguito si riportano le mappe dei particellari dei due Usi Civici assieme alla tabella con l'estensione della superficie boscata delle particelle degli stessi.

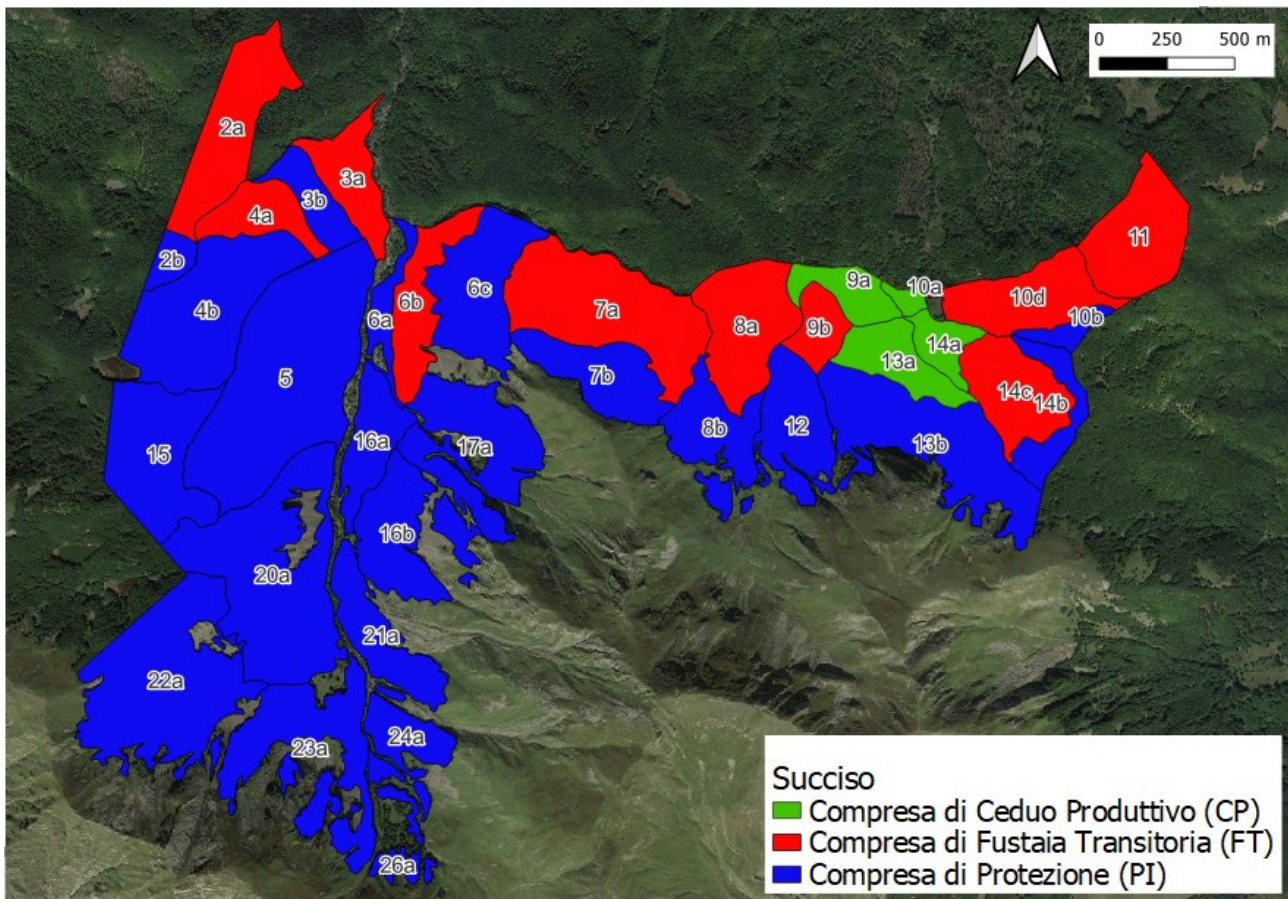


Immagine 2.1 – Particelle forestali dell’uso civico di Succiso

Particella	Compresa	Sup. Boscata (ha)	Particella	Compresa	Sup. Boscata (ha)
2b	PI	2,649	10a	CP	1,2068
4b	PI	22,2228	13a	CP	7,6048
15	PI	16,8917	14a	CP	4,0509
5	PI	36,6924	9a	CP	5,1436
10b	PI	2,3994			
12	PI	11,3349	Particella	Compresa	Sup. Boscata (ha)
13b	PI	23,053	2a	FT	14,8905
14b	PI	5,1767	4a	FT	6,8601
16a	PI	7,7365	10d	FT	12,1035
16b	PI	11,4645	11	FT	13,2274
17a	PI	16,8962	14c	FT	11,2894
3b	PI	5,5067	3a	FT	8,1961
20a	PI	29,8275	6b	FT	9,1889
21a	PI	8,379	7a	FT	23,3735
22a	PI	29,0272	8a	FT	14,1879
23a	PI	18,1379	9b	FT	4,6171
24a	PI	5,9073			

26a	PI	3,557
6a	PI	3,1498
6c	PI	13,4566
7b	PI	10,6314
8b	PI	10,8853

Tab 2.1 – Estensione della superficie boscata delle particelle dell'uso civico di Succiso

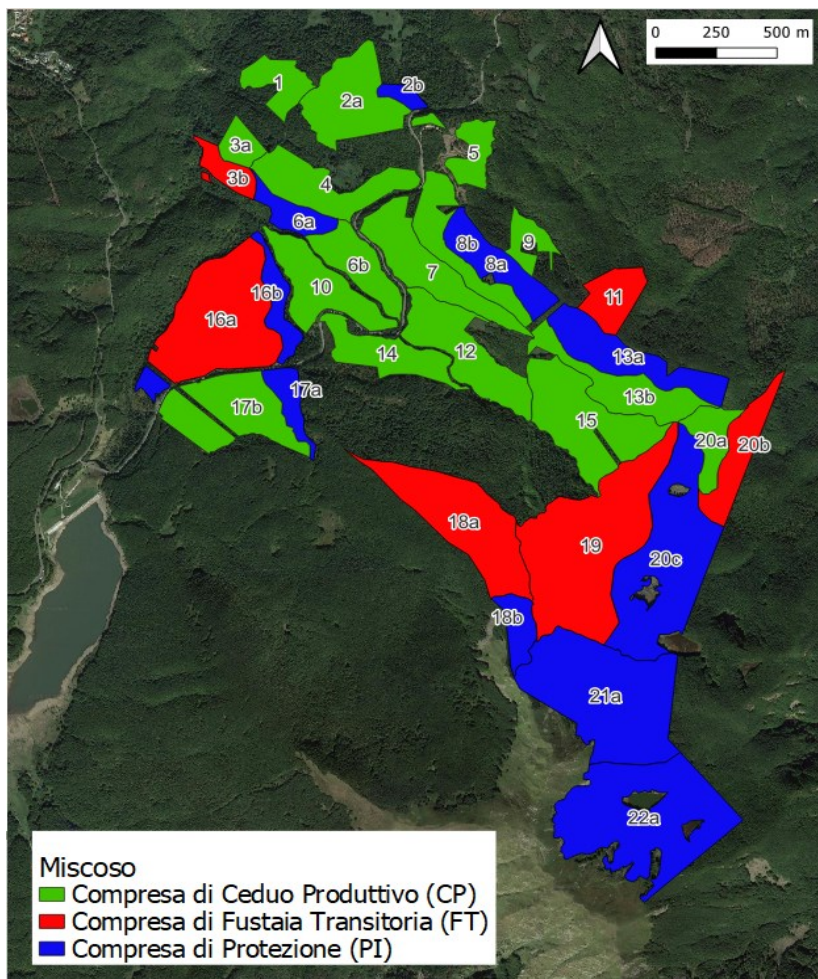


Immagine 2.2 – Particelle forestali dell'uso civico di Miscoso

Particella	Compresa	Sup. Boscata (ha)	Particella	Compresa	Sup. Boscata (ha)
1	CP	4,409	13a	PI	10,1719
10	CP	9,5709	20c	PI	23,5064
12	CP	11,6897	16b	PI	4,8791
13b	CP	8,5891	17a	PI	3,1882
14	CP	7,1199	18b	PI	3,5025
15	CP	15,5261	21a	PI	25,3314
17b	CP	12,6937	2b	PI	1,3478
20a	CP	4,4415	6a	PI	3,6451
2a	CP	11,6972	8a	PI	7,1806

3a	CP	2,5874	22a	PI	25,9722
4	CP	9,7145	Particella	Compresa	Sup. Boscata (ha)
5	CP	4,2311	20b	FT	6,8147
6b	CP	6,6743	11	FT	5,1154
7	CP	10,9522	16a	FT	21,1281
8b	CP	7,2965	18a	FT	16,6028
9	CP	2,9244	19	FT	29,274
			3b	FT	2,9508

Tab 2.2 – Estensione della superficie boscata delle particelle dell'uso civico di Miscoso

2.2.1 - DETERMINAZIONE DELL'AREA CAMPIONABILE

Prima di posizionare la griglia di punti è stato deciso di rimuovere alcune particelle, completamente o parzialmente, perché non utili ai fini del campionamento. Si è infatti scelto di concentrare le aree di saggio nelle zone di maggiore interesse del territorio degli usi civici, ovvero quelle zone in cui si concentrano la maggior parte delle utilizzazioni dato che, essendo i crediti generati solo tramite il principio di addizionalità, si è ritenuto più accurato prelevare dati solo dalle aree in cui sono state pianificati interventi di taglio, piuttosto che raccogliere dati da tutte le particelle indistintamente, facendo rientrare nelle medie dei risultati finali anche dati misurati in aree in cui non sono programmati tagli e che, certamente, presenteranno valori dendrometrici (provvigione ed incremento) molto contenuti poiché provenienti da boschi cresciuti in condizioni limitanti (forti pendenze e/o terreni sassosi molto sciolti, quote elevate...).

Si è quindi provveduto costruire una mappa dell'area ritenuta non campionabile secondo 4 criteri:

- **Aree situate a quota maggiore di 1500 metri:** queste aree non sono state campionate poiché non tagliabili e quindi non concorrenti alla generazione di crediti di carbonio. All'articolo 19 comma 2 del Regolamento Forestale Regionale⁽⁴⁾ dell'Emilia-Romagna è fatto divieto di eseguire operazioni selvicolturali, se non con principi conservativi, sulle aree situate a quota maggiore di 1500 metri. Queste aree sono state escluse dal campionamento per evitare di perdere tempo nell'effettuare rilievi di dati dendrometrici inutili al calcolo dei crediti di carbonio poiché in tali aree non è applicabile il principio di addizionalità non essendo possibili interventi selvicolturali tradizionali.
- **Aree situate su frane attive:** all'interno dello stesso del Regolamento Forestale Regionale dell'Emilia-Romagna⁽⁴⁾, all'articolo 19 comma 1, è fatto divieto di eseguire interventi selvicolturali su zone in cui è presente una frana attiva, se non previo progetto di taglio redatto da un tecnico forestale abilitato poi approvato dall'Ente forestale competente. Non essendo questi interventi che fanno parte della gestione forestale ordinaria si è deciso di escluderli dalla generazione dei crediti di carbonio, trattandosi, inoltre, di interventi con fini di

protezione dal dissesto idrogeologico e non di produzione di legname, per cui anche in questo caso risulterebbe difficile applicare il principio dell'addizionalità.

- **Aree con pendenza superiore al 40%:** data la presenza di vallecicole, canali di detrito di frana, ripide sponde di torrenti e altre asperità sul terreno si è deciso di eliminare dall'area campionabile tutta quella superficie con una pendenza superiore al 40%. Essa è scomoda e, soprattutto, pericolosa da raggiungere a piedi durante i rilievi in campo. Inoltre, a queste pendenze si concentra la maggior parte delle porzioni di compresa di protezione, ovvero aree molto ripide in cui per scelta gestionale si è deciso di intervenire molto meno a causa delle complicazioni logistiche che un terreno con tale morfologia offre agli interventi di utilizzazione.
- **Aree di ceduo con età inferiore al turno minimo:** il Regolamento Forestale dell'Emilia-Romagna⁽⁴⁾ prevede, all'articolo 33 comma 1, che il turno minimo per i cedui di faggio sia di 30 anni. In boschi di età inferiore non è possibile alcun intervento di utilizzo. Si sono quindi tolte dall'area campionabile tutte quelle particelle utilizzate dopo il 1993 poiché ad oggi troppo giovani per subire un nuovo taglio per cui non possono concorrere alla generazione di crediti di carbonio.

Per ottenere tutte le informazioni di tipo geomorfologico (pendenze, quote e frane attive) si sono elaborate con il software QGis delle immagini DTM e alcuni Shapefile. In particolare sono state utilizzate:

- **Raster DTM per le operazioni con quote e pendenze:** le immagini utilizzate sono quelle disponibili gratuitamente sul Geoportale della Regione Emilia-Romagna⁽⁵⁾, al suo interno è possibile scaricare una cartografia con dimensione del pixel di 5x5m. Il sito permette di scaricare i raster in tasselli rettangolari (dimensione 6200m x 7400m), quelli che comprendono l'area dei due usi civici sono 3, i numeri: 234070, 234030 e 234020.

Per prima cosa si sono uniti i tre raster in uno unico e poi lo si è tagliato usando come maschere le particelle forestali dei due usi civici. Per determinare le zone con una pendenza maggiore del 40% si è utilizzata la funzione Pendenza di QGis che in automatico elabora il raster DTM assegnando ad ogni pixel un valore di pendenza percentuale in base al valore di quota dei pixel adiacenti. Per ottenere uno shapefile con due poligoni, corrispondenti ai confini dell'area campionabile e non, si sono utilizzate le seguenti funzioni di QGis: prima si sono convertiti tutti i pixel del raster in poligoni quadrati (dimensione 5x5) grazie allo strumento di Processing "Da pixel raster a poligoni", scegliendo di assegnare come feature ad ogni poligono, il valore di pendenza del pixel corrispondente. In questo modo si è ottenuto uno shapefile, formato da molti poligoni quadrati, che riporta le pendenze del terreno. Si sono poi selezionati, tramite lo strumento di selezione mediante espressione della Tabella Attributi, solo i poligoni con una pendenza minore di 40% e li si è esportati in un nuovo shapefile. Tramite la funzione

“Dissolvi” li si è poi uniti in un unico poligono che rappresenta i confini dell’area ritenuta campionabile secondo il valore di pendenza percentuale.

Per determinare l’area che si trova ad una quota maggiore di 1500 metri, si è effettuato lo stesso procedimento sopra indicato, solamente che si sono selezionati tutti i poligoni con una quota inferiore a 1500m, ottenendo così i confini dell’area campionabile secondo il valore di quota altimetrica.

- **Carta Inventario Frane in formato Shapefile:** nella sezione di Geologia del portale Ambiente della Regione Emilia-Romagna⁽⁶⁾ è disponibile uno shapefile, suddiviso per provincie, in cui sono riportate tutte le caratteristiche dei suoli compresa la presenza di frane attive, frane quiescenti, depositi alluvionali, conoidi detritici relitti e altro. In questo caso si sono rimosse tutte le frane attive censite dalle superfici boscate dei due usi civici, considerandole aree non campionabili.
- **Foto aeree dell’Archivio Cartografico Regione Emilia-Romagna:** per escludere dal campionamento le particelle di ceduo di faggio tagliate dopo il 1993, ovvero negli ultimi 30 anni, che non hanno ancora raggiunto l’età minima per poter essere di nuovo utilizzate, si è consultato l’Archivio Cartografico Regione Emilia-Romagna che mette a disposizione una serie di ortofoto. Sono disponibili immagini per le seguenti annate: 2022, 2020, 2018, 2011, 2008, 2000, 1994-1998.

Le foto sono consultabili online⁽⁷⁾ oppure, dallo stesso sito, sono scaricabili i link per aprire i layer in formato WMS sul proprio dispositivo. Utilizzando questa modalità si sono aperte le ortofoto con QGis sovrapponendole ai confini delle particelle dei due usi civici e si è controllato quali fossero le particelle utilizzate negli ultimi 30 anni.

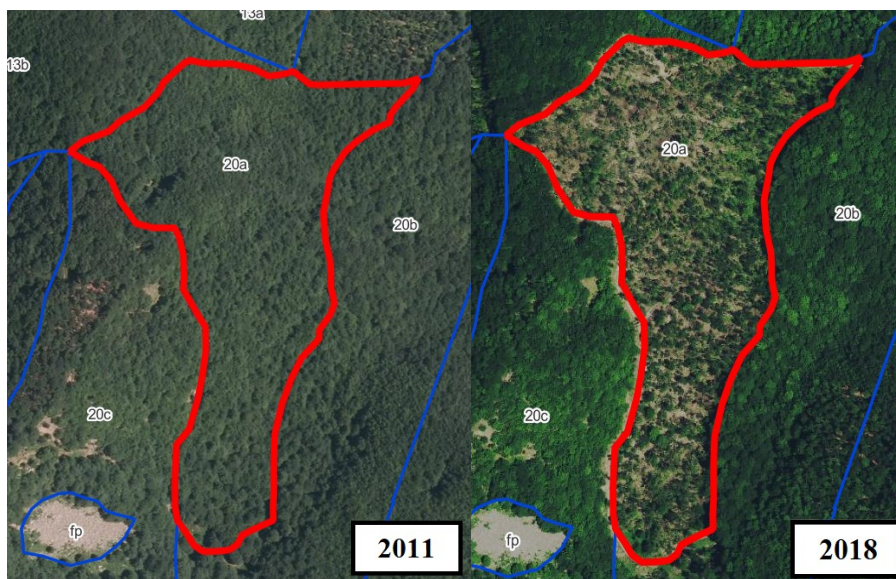


Immagine 3 – Esempio di determinazione dell’età di una particella tramite foto aeree. In questo caso è evidente come la particella numero 20a (compresa di Ceduo Produttivo) dell’Uso Civico di Miscoso sia stata utilizzata tra il 2011 e il 2018. La particella verrà dunque esclusa dal campionamento.

Al termine di ogni elaborazione si è provveduto a rimuovere, completamente o parzialmente, dal particellare originale (Tab 2.1 e Tab 2.2) tutte quelle particelle la cui area ricadesse in una porzione di territorio non campionabile (ad esempio perché situata ad una quota maggiore di 1500 m slm), in modo che quelle superfici non rientrassero all'interno della procedura di stratificazione del campionamento. Questa operazione non è stata effettuata per le aree che si trovano ad una pendenza maggiore del 40%, in questo caso le superfici situate ad una tale pendenza sono state considerate non campionabili solo per motivi di praticità e sicurezza dei rilievi in campo, tuttavia, i boschi che vi crescono avranno le stesse caratteristiche dei boschi che vegetano su un terreno meno pendente. Sarebbe stato quindi scorretto non includerle nella stratificazione poiché si sarebbe esclusa un'area che concorre alla generazione di crediti ugualmente ad un'area meno impervia.

Questa operazione è stata effettuata col solo fine di escludere quei punti della griglia, che verrà successivamente posizionata, che ricadono in aree in cui non sarà possibile recarvisi per effettuare un'Area di Saggio.

Al termine di tutte le elaborazioni si sono unite tutte le mappe dell'area campionabile secondo i 4 criteri. Tale mappa si è poi utilizzata per il posizionamento delle aree di saggio e la stratificazione del campionamento.

2.2.2 - COSTRUZIONE DELLO SCHEMA DI CAMPIONAMENTO STRATIFICATO

Una volta ottenuto uno shapefile con la porzione di territorio considerato campionabile si è inserita la griglia a maglie quadrate per determinare i punti da campionare. In questo caso è stato fondamentale scegliere adeguatamente l'ampiezza delle maglie della griglia, poiché da essa deriva il numero di aree di saggio da effettuare sul campo che, come detto in precedenza, non deve determinare un dispendio di tempo eccessivo per cui il numero di punti deve essere contenuto.

Ci si è posti come obiettivo quello di costruire uno schema di campionamento composto da circa 100/110 punti, poiché si è stimato, in via conservativa, di effettuare il rilievo di circa 7-8 aree di saggio al giorno. In questo modo sono necessari 14 giorni per completare l'intero campionamento, è quindi possibile prevedere che le attività in campo durino circa un mese, includendo anche l'impossibilità di uscire in campo in alcune giornate con condizioni meteo non favorevoli. Si è cominciato inserendo una griglia a maglie quadrate di dimensione 112x112 m, questa interdistanza determina la presenza di 1 punto ad ettaro se si disegna un cerchio virtuale di raggio 56 m attorno ad ogni nodo della maglia. Se, utilizzando tale griglia, al termine della costruzione dello schema di campionamento risulterà presente un numero totale di punti diverso da circa 100/110, si provvederà ad ampliare o restringere l'ampiezza delle maglie della griglia. Si è partiti con il posizionamento della griglia, facendo coincidere il primo punto con il vertice in alto a destra del raster DTM, se poi si è effettuata la stratificazione dei punti da campionare.

Per arrivare ad ottenere un numero di punti proporzionale all'estensione della compresa rispetto all'area totale della proprietà, si è agito in questo modo: si è costruita una tabella che rappresentasse il "peso" in percentuale dell'estensione della compresa sul totale e il numero di punti (contati utilizzando la funzione di QGis "Conta i punti nel poligono"), sempre in percentuale rispetto al numero di punti totale, di aree di saggio presenti nella compresa. Per ottenere un campionamento stratificato è necessario che queste percentuali coincidano. Ovviamente il posizionamento casuale della griglia ha generato la condizione per cui vi erano comprese sovra rappresentate e comprese sottorappresentate. Si è quindi proceduto ad eliminare punti dalle comprese sovra rappresentate, non potendo aggiungerne a quelle sottorappresentate per rispettare la sistematicità della distribuzione dei punti data dalla griglia. Si è moltiplicato il numero di punti presenti nella compresa sottorappresentata per il reciproco del peso percentuale dell'estensione di tale compresa, in questo modo si è ottenuto un nuovo numero totale di punti in cui quella compresa ne conteneva il numero corretto. Si è poi moltiplicato il nuovo numero di punti totale per i pesi percentuali dell'estensione delle altre comprese (quelle in principio sovra rappresentate) ottenendo il numero di punti corretto per quella compresa. Si sono poi eliminati (con la funzione di selezione casuale di QGis) i punti in eccesso fino ad arrivare al numero di punti corretto. In questo modo il peso percentuale di punti e l'estensione della compresa coincidono, ottenendo uno schema di campionamento stratificato. L'obiettivo, come detto in precedenza, è quello di ottenere uno schema con circa 100/110 punti.

Al termine di tutte queste operazioni si è ottenuta una mappa con tutti i punti dove effettuare le aree di saggio.

2.3 - METODO DI RILIEVO IN CAMPO e GRANDEZZE MISURATE

Una volta ottenuta la mappa con i punti dove effettuare le aree di saggio si è deciso quali grandezze misurare in ogni punto. Per il calcolo dei crediti di carbonio secondo le formule dell'IPCC (vedi sottocapitolo 2.5) i dati che verranno utilizzati sono i valori di provvigione attuale e il valore all'anno t , dove t è il periodo in anni per cui si è scelto di generare crediti.

Le variabili da misurare sono quindi due: la provvigione attuale delle comprese e l'incremento corrente percentuale di tali boschi.

Per ottenere il valore di provvigione si è deciso di utilizzare la tavola di cubatura speditiva per popolamenti forestali resa disponibile dalla regione Emilia-Romagna⁽⁸⁾ (in Allegato 1). È una tavola a doppia entrata in cui si necessita del valore di area basimetrica all'ettaro (G) e dell'altezza dominante del popolamento per cubare il soprassuolo ottenendo il valore di provvigione come Volume Dendrometrico (ovvero del fusto da lavoro). Per determinare il valore di incremento si è dovuta utilizzare una delle formule speditive in quanto non sono disponibili tariffe per i boschi dell'appennino nord-occidentale, quindi, non risulta possibile applicare il metodo della differenza di tariffa. Si è scelto di utilizzare la formula di Schneider utilizzando come valore di $K=400$, ovvero l'ipotesi più prudentiale che non rischia di sovrastimare l'incremento.

Per quanto riguarda la fase di rilievo in campo per trovare i punti si è utilizzata l'applicazione gratuita MerginMaps che permette di inserire un progetto di QGis in un server cloud, visualizzabile poi su un qualsiasi dispositivo mobile. In questo modo è stato possibile trovare i punti in campo: sul progetto di QGis si sono inseriti i punti da campionare e la mappa opensource OpenStreet Map con cui è stato possibile individuare strade e sentieri per raggiungere le aree di saggio in mezzo al bosco utilizzando il Gps del dispositivo mobile. Per individuare il punto ci si è avvicinati ad esso affinché l'errore di posizionamento del Gps (in media circa 2,4-2,9 m) non facesse cadere il punto all'interno del raggio di errore.

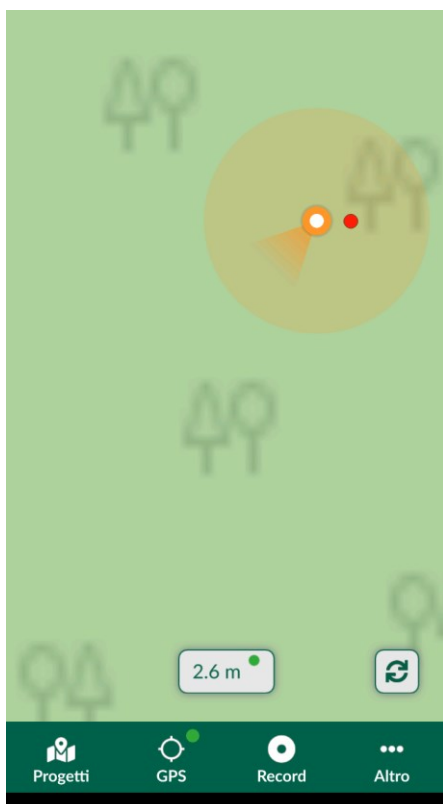


Immagine 4 – Esempi di individuazione di una AdS in campo tramite l'app MerginMaps

Si è infine deciso di suddividere le aree di saggio in due tipi diversi:

- **Aree di Saggio Relascopiche:** in cui si è misurato solo il valore di area basimetrica ad ettaro (tramite la relascopia) e altezza dominante (mediando l'altezza di 4-5 piante rappresentative del popolamento). Con questi due valori si è poi cubato il soprassuolo con la tavola di cubatura sopra citata.
- **Aree di Saggio con Cavallettamento Totale:** in questi punti si è effettuato un cavallettamento totale su un'area circolare di raggio 15 m. Con questa operazione si è ottenuta la seriazione ordinata dei diametri utilizzando classi del 5. Inoltre, si sono prelevate le carote legnose necessarie per stimare l'incremento: si sono carotate all'incirca 10 piante per area di saggio (scegliendo casualmente tra le più vicine possibile al centro dell'AdS), equamente distribuite all'interno della seriazione ordinata. L'obiettivo è quello di ottenere almeno 30 carote per compresa provenienti da punti diversi, si è quindi effettuata questo tipo di area di saggio all'incirca ogni 7-8 punti campionati, comunque senza mai

cavallettare AdS troppo vicine tra loro. Si è infine misurata l'altezza dominante del popolamento cosicché, calcolando l'area basimetrica ad ettaro tramite la seriazione ordinata dei diametri, si è potuto anche cubare il soprassuolo.

Per misurare il valore dell'area basimetrica si è utilizzata l'app MOTI poiché il Parco non dispone di un relascopio di Bitterlich. Per misurare l'altezza delle piante e disegnare l'area di saggio circolare si è utilizzato l'ipsometro Vertex LaserGeo della Haglof. Per prelevare le carote legnose si è utilizzato il succhiello di Pressler mentre per misurare i diametri dei fusti un cavalletto forestale da 65 cm.

2.4 – ELABORAZIONE DEI DATI RILEVATI

Una volta effettuato il rilievo in campo di tutte le AdS, si sono elaborati i dati per ottenere i parametri necessari (provvigione e incremento) per il calcolo dei crediti di carbonio.

L'elaborazione dei dati è avvenuta in questo modo:

- **Dati di Provvigione:** l'obiettivo è quello di determinare la provvigione ad ettaro media per ogni compresa. Questo valore, oltre ad essere utilizzato per i calcoli al paragrafo successivo, è stato confrontato con lo stesso valore riportato nei piani d'assestamento dei due Usi Civici, in modo da avere già un'idea dell'errore presente al loro interno.

Dai rilievi in campo si sono ottenute delle tabelle, divise per compresa e per Uso Civico, in cui si è riportato il valore di Area Basimetrica all'ettaro (G , in m^2/ha) e Altezza Dominante (H_d , in m). Con questi due valori si è ricavato dalla Tavola Dendrometrica Regionale (Allegato 1), tramite interpolazione lineare, il valore di provvigione all'ettaro in quel punto. Il valore di G nelle AdS dove si è svolto un cavallettamento totale sono stati utilizzati i valori di G_{tot} e \bar{H} presi dalle tabelle di seriazione ordinata dei diametri (vedi punto successivo).

Si è infine calcolato il valore medio di Provvigione ad ettaro per ogni compresa facendo una media aritmetica del valore di Provvigione in ogni AdS della compresa. Per ogni valore medio si è calcolata anche la deviazione standard e l'errore medio.

- **Dati di Incremento:** per ogni AdS dove si è svolto un cavallettamento totale si è costruita una tabella in cui vengono riportate le seguenti grandezze:
 - o **D** è il valore della classe diametrica, si sono utilizzati intervalli di 5cm.
 - o **N** è il numero di piante di tale classe presenti all'interno dell'area di saggio.
 - o **N/ha** è il numero di piante della classe riportato all'ettaro. Per ottenere questo valore è sufficiente moltiplicare il valore di N per il rapporto tra l'area di un ettaro e l'area dell'AdS (con AdS circolari di raggio 15m, $A_{AdS} = 707 m^2$)

$$N/ha = N \cdot \frac{1000}{707}$$

- G_{classe} è il valore dell'area basimetrica di classe all'ettaro [m^2/ha], corrisponde all'area della sezione circolare di un fusto della classe diametrica moltiplicata per il numero di piante ad ettaro.

$$\frac{\pi D^2}{4} \cdot N/\text{ha} / 10000$$

Una volta calcolato il valore di ogni classe, si è effettuata una sommatoria per ottenere il valore di G_{tot} che corrisponde all'area basimetrica da utilizzare per la cubatura del soprassuolo.

- H è il valore in metri dell'altezza misurate di circa 3/5 piante per classe presenti nell'AdS.
- \bar{H} è la media dei valori di altezza misurati per classe. Da questi numeri si è ottenuto H_d , ovvero il valore dell'altezza dominante del soprassuolo da utilizzare per la cubatura, come media ponderata tramite il valore del numero di piante ad ettaro per classe (N/ha).
- nA è il numero di anelli dell'ultimo cm di ogni carota legnosa prelevata da piante di quella classe diametrica. Per contare gli anelli si è bagnata la carota in alcool etilico al 90% e si sono lette le cerchie legnose con una lente di ingrandimento.
- \bar{nA} è la media aritmetica dei valori di nA per classe.
- $I_c\%$ è il valore di incremento corrente percentuale, ricavato con la formula di Schneider:

$$I_c\% = \frac{K}{D \cdot \bar{nA}}$$

Si è scelto di utilizzare un valore del coefficiente K sempre uguale a 400, ovvero l'approccio più prudentiale che garantisce una stima conservativa dell'incremento.

Una volta ottenuti tutti gli incrementi percentuali correnti di classe per ogni AdS della compresa si è calcolato, tramite media aritmetica, un incremento corrente percentuale di classe riferito all'intera compresa. Con questi dati si è costruito un grafico che mettesse in relazione diametro della classe e incremento nella compresa. Tramite una di regressione lineare si è determinata un'equazione con cui è possibile ricavare l'incremento corrente percentuale di una pianta di un certo diametro. Inserendo all'interno dell'equazione il diametro basimetrico della compresa si è calcolato l'incremento corrente percentuale della compresa.

Per ogni compresa si è costruita una tabella riassuntiva che contiene i dati seguenti, utilizzati poi per il calcolo dei crediti di carbonio:

- N/ha è il valore medio del numero di piante ad ettaro ottenuto dalle tabelle delle AdS con cavallettamento totale.
- G [m^2/ha] e Prov [m^3/ha] i valori di area basimetrica media e provvigione media di compresa riportato nelle tabelle riassuntive dei dati di provvigione di ogni compresa (vedi punto precedente).

- d_g [cm] ovvero il valore del diametro basimetrico della compresa calcolato con la seguente formula:
- $I_c\%$ il valore di incremento corrente percentuale di compresa ottenuto inserendo d_g all'interno della formula di regressione lineare ricavata dal grafico corrispondente.
- I_c [$m^3/ha \cdot y^{-1}$] il valore di incremento corrente per compresa in metri cubi ottenuto con la formula:

$$I_c = Prov \cdot I_{c\%}$$

2.5 - METODI DI CALCOLO DEI CREDITI DI CARBONIO

Una volta ottenuti i dati dendrometrici dalle misurazioni in campo si è proceduto al calcolo dei crediti di carbonio.

Esso è stato applicato a due casi distinti in cui vengono considerate due baseline diverse (descritti ai sottocapitoli successivi). Ciò che è importante è che, ai fini di determinare l'errore nella quantità di crediti generata utilizzando dati diversi, in entrambi i casi il calcolo è avvenuto due volte: si è confrontata la quantità di CO₂ equivalente stoccata tramite l'utilizzo dei dati dendrometrici (provvigioni e incrementi correnti) misurati in campo contro l'utilizzo degli stessi dati riportati nei piani di assestamento (Tab 1.1 e Tab 1.2).

Il calcolo della quantità di crediti di carbonio generati è avvenuto utilizzando la formula dell'IPCC⁽⁴⁾ per il calcolo del cambiamento dello stock di carbonio in biomassa terrestre senza cambiamento dell'uso del suolo.

EQUATION 2.8
ANNUAL CHANGE IN CARBON STOCKS IN BIOMASS
IN LAND REMAINING IN THE SAME LAND-USE CATEGORY (STOCK-DIFFERENCE METHOD)

$$\Delta C_B = \frac{(C_{t_2} - C_{t_1})}{(t_2 - t_1)} \quad (a)$$

where

$$C = \sum_{i,j} \{A_{i,j} \cdot V_{i,j} \cdot BCEF_{S_{i,j}} \cdot (1 + R_{i,j}) \cdot CF_{i,j}\} \quad (b)$$

Immagine 4 – Equazione dell'IPCC per il calcolo dello stock di carbonio nella biomassa terrestre

Il coefficiente di conversione del volume dendrometrico in biomassa area (BCEF_s) è stato calcolato il metodo proposto dall'IPCC⁽⁵⁾:

$$BCEF_s = BEF_s \cdot D$$

Essendo tutti i calcoli avvenuti considerando il periodo di generazione di crediti pari ad un anno la formula si è così semplificata:

$$C_{eq} = (V_2 - V_1) \cdot BEF_s \cdot D \cdot (1 + R) \cdot CF \cdot 3,67$$

In cui:

- C_{eq} corrisponde ai crediti di carbonio, ovvero la quantità di CO₂ equivalente stoccata.
- V₂ è il volume di legno presente nel bosco dopo un anno applicando l'addizionalità scelta (vedi paragrafi 2.4.1 e 2.4.2 per la formula di calcolo).
- V₁ è il volume di legno presente nel bosco dopo un anno senza applicare l'addizionalità scelta, ovvero la condizione pari alla baseline (vedi paragrafi 2.4.1 e 2.4.2 per la formula di calcolo).
- BEF_s è il fattore di espansione della biomassa
- D è la densità basale del legno
- R è il rapporto biomassa ipogea/epigea
- CF è la carbon fraction
- 3,67 fattore di conversione del carbonio in tonnellate di CO₂ equivalente.

Come valori di BEF_s, D, R, e CF si sono utilizzati quelli consigliati dallo standard PEFC per la certificazione dei Servizi Ecosistemici⁽⁶⁾:

D [Mg ss/m³]	0,61
BEF_s [Mg/m³]	1,4
R	0,2
CF	0,47

Tab 3 – Valori dei coefficienti D, BEF_s, R e CF.

2.5.1 – CALCOLO DEI CREDITI DI CARBONIO CON BASELINE PIANO DI ASSESTAMENTO

In questo primo caso il calcolo dei crediti è avvenuto considerando come baseline gli interventi di utilizzazione forestale previsti dai vigenti Piani di Assestamento dei due Usi Civici. Si è quindi applicato il principio di addizionalità scegliendo una rinuncia alla ripresa nelle utilizzazioni del 100%, ovvero ipotizzando che tutto il volume di legna che dovrebbe essere prelevato all'anno 2023 venga lasciato in bosco.

Dalle tabelle di pianificazione degli interventi di taglio previsti per il 2023, presenti sia nel piano di Miscoso che di Succiso, si sono determinate le entità delle utilizzazioni:

- Uso Civico Di Miscoso:

Compresa CP			
Intervento	Particelle	Area Tagliata (A_t) [ha]	Tasso di prelievo (t_p)
Ceduazione a Sterzo	2a	5,142	0,5
	8b	1,648	
	12	2,748	
	Tot	9,538	
Compresa FT			
Intervento	Particelle	Area Tagliata (A_t) [ha]	Tasso di prelievo (t_p)
Diradamento	20b	4,360	0,4

Tab 4.1 – Utilizzazioni previste per il 2023 nell'Uso Civico di Miscoso

In due particelle della compresa CP (6b e 15) sono previsti anche degli interventi di dematricinatura del ceduo esistente. Essi non sono riportati nella Tab 4.1 e non verranno considerati nei calcoli dato che, essendo degli interventi volti al recupero di cedui degradati (a causa di un rilascio eccessivo di matricine nelle utilizzazioni passate), risulterebbe non corretto applicare una rinuncia alla ripresa poiché il fine dell'intervento non è quello produttivo ma quello di ripristino della normale tessitura del ceduo.

- Uso Civico di Succiso:

Compresa FT			
Intervento	Particelle	Area della tagliata [ha]	Tasso di prelievo
Diradamento	7a	7,695	0,4

Tab 4.2 – Utilizzazioni previste per il 2023 nell'Uso Civico di Succiso

In questo caso per poter calcolare le tonnellate di CO₂ equivalente, il calcolo del valore di provvigione V₁ e V₂ è avvenuto nel seguente modo:

$$V_1 = Prov \cdot A_t \cdot t_p + Prov \cdot A_t \cdot t_p \cdot I_{c\%}$$

$$V_2 = Prov \cdot A_t + Prov \cdot A_t \cdot I_{c\%}$$

In cui:

- **Prov** è la provvigione in m³/ha della compresa
- **A_t** è l'area della tagliata della compresa in ha
- **t_p** è il tasso di prelievo dell'intervento sulla provvigione della tagliata
- **I_c%** è l'incremento corrente percentuale della compresa

2.5.2 – CALCOLO DEI CREDITI DI CARBONIO CON BASELINE PMPF

In questo caso si è costruita un baseline che avesse come riferimento le Prescrizioni di Massima e Polizia Forestale, ovvero il Regolamento forestale della Regione Emilia-Romagna (Regolamento regionale n.3 del 1° agosto 2018). Il principio di addizionalità è stato applicato in questo modo: si è considerata come baseline tutti gli interventi consentiti ai sensi di legge all'interno della proprietà, a tali interventi si è applicata una rinuncia all'utilizzazione pari all'intero ammontare della provvigione sottraendo però quel volume di legno asportato dai tagli, realmente eseguiti, programmati dal piano d'assestamento.

Per costruire questa baseline è stato quindi necessario determinare:

- Il volume degli interventi previsti dai piani d'assestamento per il 2023, che corrispondono alle tagliate utilizzate per il calcolo dei crediti con baseline il piano d'assestamento per cui come valori dei volumi di utilizzazione si sono considerati gli stessi di Tab. 4.1 e Tab 4.2 (vedi sottocapitolo precedente).
- Il volume di tutti gli interventi possibili ai sensi di legge. Questo volume chiaramente non è indicato nei piani d'assestamento per cui lo si è determinato tramite altre operazioni.

2.5.2.1 – DETERMINAZIONE DI TUTTI GLI INTERVENTI DI TAGLIO POSSIBILI SECONDO LE PMPF

Il primo limite alle utilizzazioni posto dalle PMPF riguarda la quota a cui il bosco si trova. Come già citato al sottocapitolo 2.2.1, l'articolo 19 comma 2, pone il divieto di effettuare dei tagli di produzione di legname per boschi situati oltre i 1500 m s.l.m.

È quindi necessario rimuovere dalla baseline tutte le particelle dei due Usi Civici che si trovano oltre tale altezza.

I dati di Tab 6 riportano esattamente quest'informazione già utilizzata per la costruzione del campionamento stratificato.

Come secondo limite alle utilizzazioni le PMPF riportano delle soglie massime di età e tasso di prelievo a cui i boschi possono essere sottoposti, a seconda del loro governo e del loro trattamento. Le forme di governo del bosco presenti negli Usi Civici di Miscoso e Succiso sono due: il ceduo (a sterzo o matricinato) e la fustaia transitoria. Si è quindi cercato nelle PMPF quali sono le utilizzazioni massime permesse all'interno di questi due governi:

- **Governo a Fustaia Transitoria:** all'articolo 25, comma 2, è stabilito che una fustaia transitoria di faggio rispetta gli stessi turni di una fustaia da seme della stessa specie, per cui il turno minimo è 90 anni. All'interno dei due usi civici non è presente nessuna particella di fustaia che abbia raggiunto tale età, per cui l'unico intervento possibile è quello di diradamento. All'articolo 24, comma 3a, viene consentito il diradamento di una fustaia a qualsiasi età, basti che il suo tasso di prelievo non superi il 40% della provvigione.

Per la costruzione della baseline sono dunque state considerate in diradamento tutte le particelle delle comprese di Fustaia Transitoria, di entrambi gli usi civici, con un tasso di prelievo del 40%.

- **Governo a Ceduo:** questo tipo di governo è presente sia nelle comprese di ceduo produttivo (CP) che nelle comprese di protezione (PI). È quindi necessario capire dove il ceduo è ancora utilizzabile e con che trattamento, se a sterzo o matricinato. All'articolo 33, comma 1a, viene dichiarato che il turno minimo del ceduo di faggio è 30 anni per cui, per prima cosa, si sono considerate utilizzabili tutte le particelle delle comprese CP e PI con età maggiore di trent'anni. Come trattamento di tali particelle si è scelto il ceduo matricinato (a prescindere se attualmente il trattamento è a sterzo, che ha un tasso di prelievo minore) assegnandogli un valore di prelievo medio di 0,8.

La determinazione delle particelle aventi un'età maggiore di 30 anni è già avvenuta (poiché necessaria per la costruzione del campionamento stratificato, vedi sottocapitolo 2.2.1) per cui tutte le particelle che manifestano l'evidenza della presenza di un taglio dopo il 1993 (vedi Tab 7.1 e Tab 7.2) vengono considerate non ceduabili e dunque escluse dalla baseline.

Di conseguenza, si dovrebbero considerare attualmente ceduabili, tutte le particelle che non sono mai state utilizzate dopo il 1993. Questo è però possibile farlo solo per le particelle delle comprese di ceduo produttivo ma non per le particelle delle comprese di protezione. Questo perché nelle PMPF sono posti dei limiti alla ceduazione di boschi di faggio che abbiano superato i 50 anni di età, ovvero che vengono considerati fuori turno.

Nelle comprese CP si ha la certezza che l'età delle particelle sia inferiore ai 50 anni poiché essendo incluse in una compresa produttiva esse devono risultare in turno. Questo però potrebbe non essere vero per le comprese di protezione poiché, non avendo come funzione attuale principale quella di produzione di legna, delle particelle potrebbero essere state utilizzate così tanti anni prima del 1993 da essere adesso fuori dai limiti del turno massimo.

Viene quindi prodotta una tabella in cui vengono riportati tutti gli interventi possibili con la massima intensità per le comprese di ceduo produttivo e fustaia transitoria, mentre per determinare le massime utilizzazioni attualmente possibili nelle comprese di protezione sono necessarie ulteriori analisi sull'età delle particelle.

Il valore di Area Massima utilizzabile (A_{max}) nelle comprese di ceduo produttivo proviene dalle Tab 7.1 e Tab 7.2 (Sottocapitolo 3.1.1); per le comprese di fustaia transitoria corrisponde all'area boscata totale della compresa (riportata in Tab 1.1 e Tab 1.2) tolta l'estensione delle particelle che si trovano ad una quota maggiore di 1500m (riportate in Tab 6).

Il valore di Area Tagliata (A_t), così come quello del Tasso di prelievo reale (t_p), corrispondono a quello riportato in Tab 4.1 e Tab 4.2.

- Uso Civico Di Miscoso:

Compresa CP				
Intervento	Area Massima utilizzabile (A_{max}) [ha]	Tasso di prelievo massimo (t_{max})	Area Tagliata (A_t) [ha]	Tasso di prelievo reale (t_p)
Ceduo matricinato	56,34	0,8	9,538	0,5
Compresa FT				
Intervento	Area Massima utilizzabile (A_{max}) [ha]	Tasso di prelievo massimo (t_{max})	Area Tagliata (A_t) [ha]	Tasso di prelievo reale (t_p)
Diradamento	81,38	0,4	4,360	0,4
Compresa PI				
Intervento	Area Massima utilizzabile (A_{max}) [ha]	Tasso di prelievo massimo (t_{max})	Area Tagliata (A_t) [ha]	Tasso di prelievo reale (t_p)
Da definire	Da definire	Da definire	-	-

Tab 5.1 – Dati di massima estensione dei tagli e massimo tasso di prelievo possibile secondo le PMPF nelle comprese dell'Uso Civico di Miscoso

- Uso Civico Di Succiso:

Compresa CP				
Intervento	Area Massima utilizzabile (A_{max}) [ha]	Tasso di prelievo massimo (t_{max})	Area Tagliata (A_t) [ha]	Tasso di prelievo reale (t_p)
Ceduo matricinato	0	0,8	-	-
Compresa FT				

Intervento	Area Massima utilizzabile (A_{max}) [ha]	Tasso di prelievo massimo (t_{max})	Area Tagliata (A_t) [ha]	Tasso di prelievo reale (t_p)
Diradamento	113,97	0,4	7,695	0,4
Compresa PI				
Intervento	Area Massima utilizzabile (A_{max}) [ha]	Tasso di prelievo massimo (t_{max})	Area Tagliata (A_t) [ha]	Tasso di prelievo reale (t_p)
Da definire	Da definire	Da definire	-	-

Tab 5.2– Dati di massima estensione dei tagli e massimo tasso di prelievo possibile secondo le PMPF nelle comprese dell'Uso Civico di Succiso

In questo caso per poter calcolare le tonnellate di CO₂ equivalente, il calcolo del valore di provvigione V_1 e V_2 è avvenuto nel seguente modo:

$$V_1 = Prov \cdot A_{max} \cdot t_{max} + Prov \cdot A_{max} \cdot t_{max} \cdot I_c\%$$

$$V_2 = Prov \cdot A_{max} - Prov \cdot A_t \cdot t_p + (Prov \cdot A_{max} - Prov \cdot A_t \cdot t_p) \cdot I_c\%$$

In cui:

- **Prov** è la provvigione in m³/ha della compresa
- **A_{max}** è l'area massima utilizzabile secondo le PMPF nella compresa in ha
- **t_{max}** è il tasso di prelievo massimo applicabile ad A_{max} secondo le PMPF
- **A_t** è l'area della tagliata prevista dal piano d'assestamento nella compresa in ha
- **t_p** è il tasso di prelievo dell'intervento previsto dal piano d'assestamento
- **I_c%** è l'incremento corrente percentuale della compresa

2.5.2.1.1 – DETERMINAZIONE DELL'ETA' DELLE PARTICELLE DELLE COMPRESSE DI PROTEZIONE

Per determinare il massimo intervento di utilizzazione nelle comprese di protezione si sono utilizzate tutte le particelle collocate ad una quota inferiore di 1500 m s.l.m., ovvero si sono eliminate dal particellare delle comprese tutte le particelle riportate in Tab 6, situate ad una quota maggiore.

Le utilizzazioni su cedui che hanno superato il turno, secondo le PMPF, sono di due tipi:

- Ceduo di età superiore ai 70 anni: all'articolo è fatto divieto di ceduazioni in boschi più vecchi di 70 anni, l'unico intervento possibile è quello di avviamento all'alto fusto oppure lasciare la particella ad evoluzione naturale. Di conseguenza tutte le particelle che hanno superato tale età vengono escluse dalla baseline in quanto non è possibile alcun intervento di ceduazione al loro interno.

- Ceduo di età compresa tra 50 e 70 anni: in questo caso all'articolo è permesso l'utilizzo di tali boschi previo progetto di taglio, redatto da dottore forestale abilitato, autorizzato dall'ente regionale competente. Per la costruzione della baseline si suppone che qualsiasi intervento venga autorizzato, sempre rimanendo all'interno di ciò che è consentito dalle PMPF, ovvero: in questi boschi è autorizzata solamente un'utilizzazione che miri al ripristino della produttività della stessa forma di trattamento del ceduo presente prima che esso oltrepassasse il turno. Non sarà quindi possibile applicare il tasso di prelievo di un ceduo matricinato (0,8) a boschi la cui forma di trattamento è evidente essere stata quella dello sterzo. A tali particelle verrà applicato il tasso di prelievo medio di un ceduo a sterzo, pari a 0,5.

Si è quindi costruita una mappa in cui si sono individuate tutte le particelle delle comprese di protezione, situate ad una quota inferiore di 1500 m s.l.m., con età compresa tra 50 e 70 anni, a cui si è applicato il tasso di prelievo del trattamento precedente, e le particelle invecchiate oltre i 70 anni, che sono state escluse dalle baseline senza applicare alcun tasso di prelievo.

Per determinare l'età delle particelle si è utilizzato lo stesso procedimento descritto al paragrafo, ovvero tramite l'utilizzo delle ortofoto aeree disponibili gratuitamente negli archivi della regione Emilia-Romagna. Le ortofoto più vecchie, scaricabili in formato WLS, sono le ortofoto aeree del 1976. Tramite la loro consultazione è perciò possibile determinare le condizioni della struttura delle particelle solo fino a 46 anni fa.

Per poter determinare se il soprassuolo è più vecchio di 70 anni l'unico modo è consultare le ortofoto del volo IGMI-G.A.I. Le fotografie sono consultabili solo online nella sezione di Cartografia Storica del Geoportale della Regione Emilia-Romagna⁽⁹⁾. È possibile caricare nella piattaforma degli shapefile, per cui si sono caricati i confini delle particelle delle comprese PI situate ad una quota inferiore di 1500 m s.l.m., controllando se nel 1954 vi fosse una copertura arborea attribuibile a quella di un ceduo matricinato o a sterzo.

CAPITOLO 3 - RISULTATI E DISCUSSIONE

3.1 – IL CAMPIONAMENTO STRATIFICATO

Di seguito vengono riportate tutte le mappe e le informazioni con cui si è costruito il campionamento stratificato. Nella maggior parte dei passaggi intermedi di elaborazione dei dati geomorfologici si sono unite le proprietà dei due usi civici per semplificare le operazioni con QGis.

3.1.1 - DETERMINAZIONE AREA CAMPIONABILE

Come descritto nel sottocapitolo 2.2.1 il primo passo è stato quello di rimuovere l'area non campionabile dal particellare dei due usi civici. Di seguito vengono riportare le immagini degli shapefile che sono stati elaborati per togliere l'area secondo i 4 punti descritti al sottocapitolo 2.2.1:

- Aree situate a quota maggiore di 1500 metri

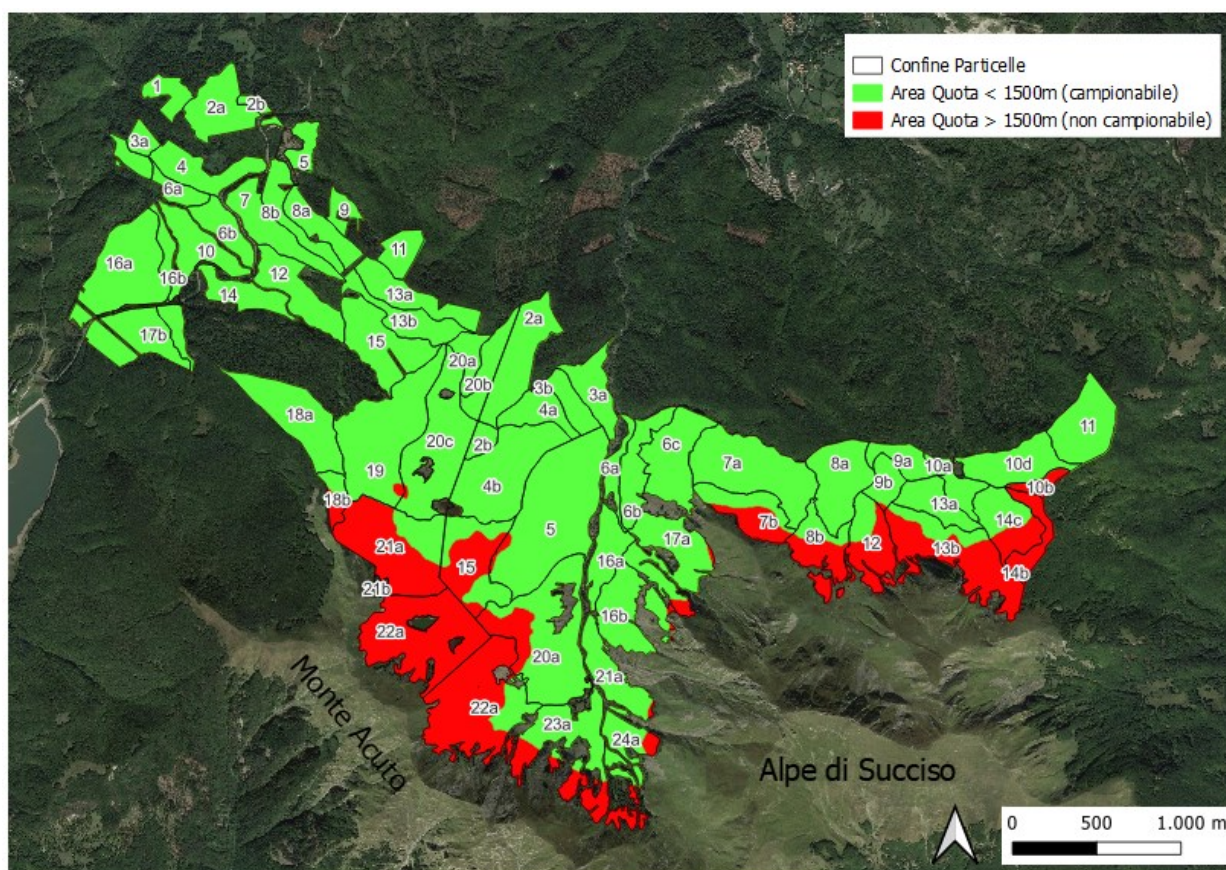


Immagine 5 – Mappa dell'area campionabile secondo il criterio della quota altimetrica

Tramite questa operazione sono state eliminate le particelle, o le porzioni di particella, che si trovano ad una quota superiore di 1500 m slm. Esse si trovano nei versanti nord dell'Alpe di Succiso e del Monte Acuto.

Viene qui riportata la Tab 6 in cui sono state rimosse, completamente o parzialmente, dal particellare originale (Tab 2.1 e Tab 2.2) le superfici considerate non campionabili.

Particella	Compresa	Uso Civico	Sup. Boscata Originale (ha)	Sup. Boscata Campionabile (ha)
20c	PI	Miscoso	23,5064	23,267
18b	PI	Miscoso	3,5025	1,934
21a	PI	Miscoso	25,3314	5,934
22a	PI	Miscoso	25,9722	0
19	FT	Miscoso	29,274	28,759
15	PI	Succiso	16,8917	8,096
5	PI	Succiso	36,6924	36,1457
10b	PI	Succiso	2,3994	0
12	PI	Succiso	11,3349	3,347
13b	PI	Succiso	23,053	4,745
14b	PI	Succiso	5,1767	0
17a	PI	Succiso	16,8962	15,388
20a	PI	Succiso	29,8275	24,562
21a	PI	Succiso	8,379	8,025
22a	PI	Succiso	29,0272	4,516
23a	PI	Succiso	18,1379	11,547
24a	PI	Succiso	5,9073	5,148
26a	PI	Succiso	3,557	1,442
7b	PI	Succiso	10,6314	5,217
8b	PI	Succiso	10,8853	3,51
14c	FT	Succiso	11,2894	6,557
9b	FT	Succiso	4,6171	4,518

Tab 6 – Estensione delle particelle in seguito alla rimozione della porzione non campionabile secondo il criterio della quota altimetrica

Si può facilmente notare come la quasi totalità delle particelle modificate appartengano alla compresa di Protezione (PI), mentre nessuna particella della compresa di Ceduo di Produzione (CP) è risultata situata ad una quota maggiore di 1500 m.

Tre particelle sono state completamente eliminate: 22a (appartenente all'uso civico di Miscoso); 10b e 14b (appartenenti all'uso civico di Succiso).

Per tutte le elaborazioni successive, delle particelle la cui area campionabile è risultata ridotta rispetto alla loro estensione originale, si considererà come superficie non più quella del particellare (indicata nelle Tab 2.1 e Tab 2.2) ma quella qui indicata come Superficie Boscata Campionabile.

- Aree situate su frane attive

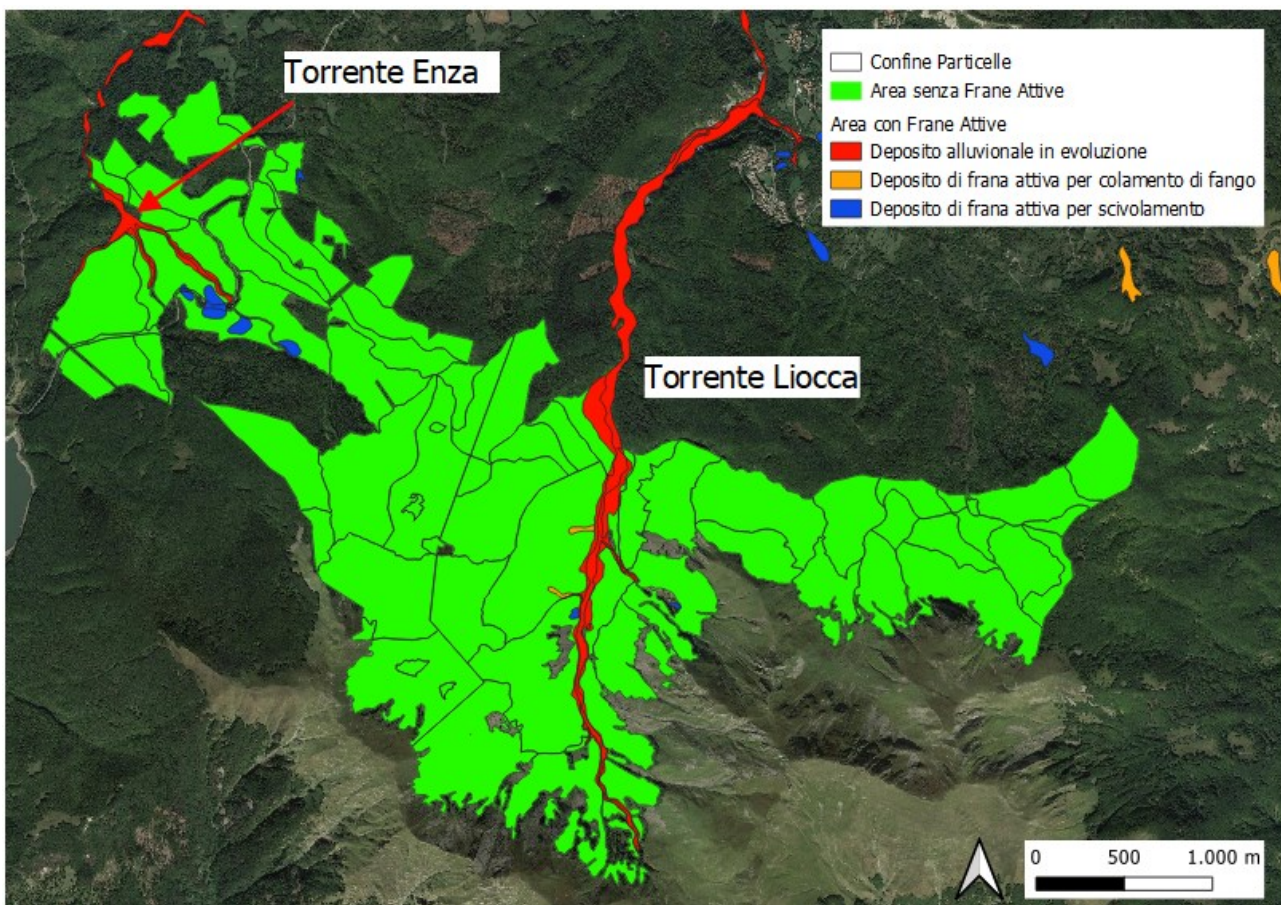


Immagine 6 – Mappa dell'area campionabile secondo il criterio della presenza di frane attive

Tramite questa operazione si sono evidenziate tutte le aree dove è presente una frana attiva secondo la Cartografia del Dissesto Idrogeologico della Regione Emilia-Romagna. Si può notare come non ci siano grandi aree attualmente soggette ad attività di dissesto, le uniche zone in pericolo sono gli alvei di fondo valle dei torrenti Liocca ed Enza (interessate da attività di piena), assieme a qualche piccolo deposito di colate fangose e frane di scivolamento. Si è scelto di non considerare la presenza di queste aree di dissesto poiché: le sponde dei due torrenti sono in gran parte escluse dalla proprietà degli usi civici e le aree con colate di fango e frane di scivolamento sono molto piccole e ricadono principalmente in particelle che comunque non verranno considerate campionabili perché troppo giovani (vedi prossimo punto del sottocapitolo).

- Aree di ceduo con età inferiore al turno minimo

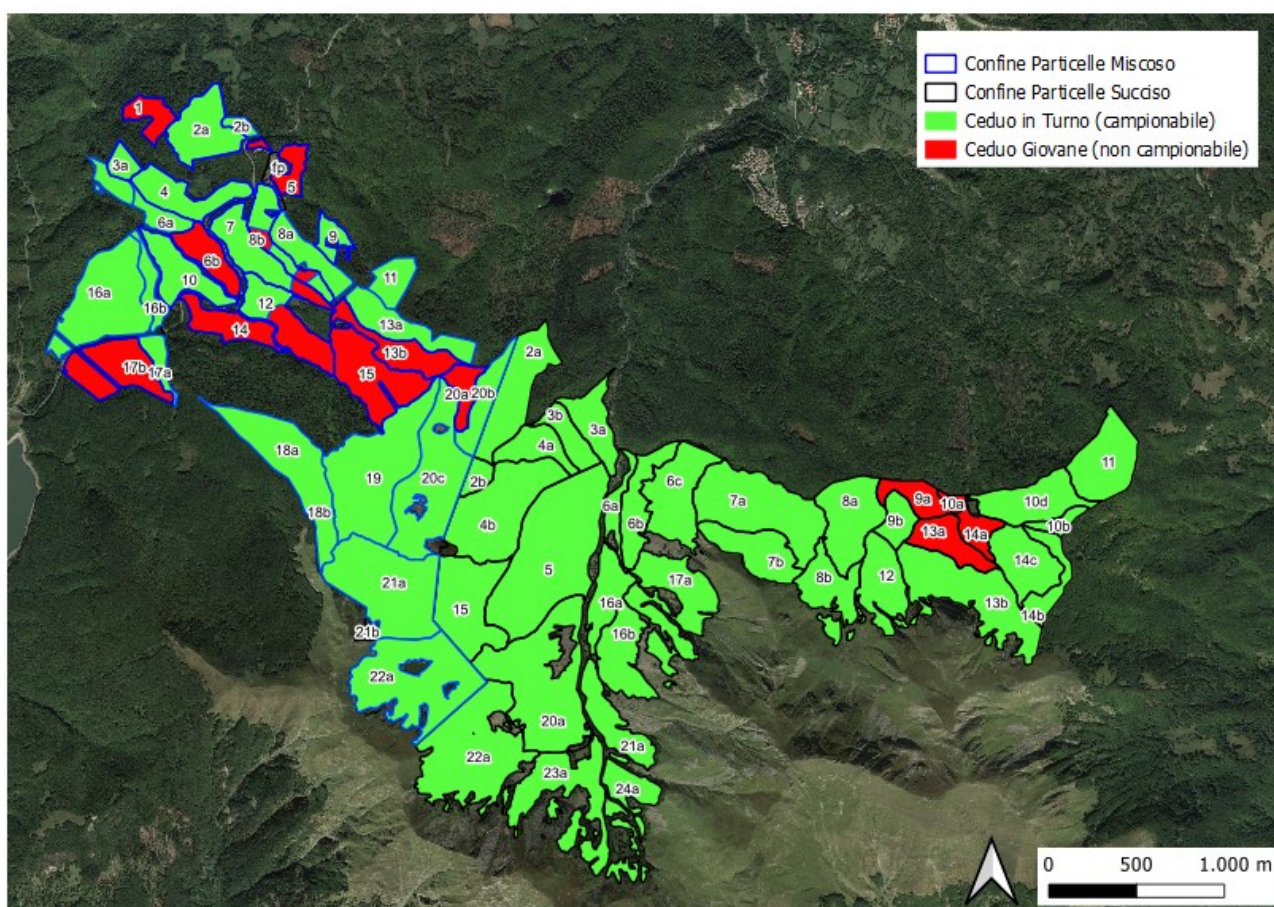


Immagine 7 – Mappa dell’area campionabile secondo il criterio dell’età delle particelle

In questo caso si sono distinti i particellari di Succiso e Miscoso per una migliore chiarezza rappresentativa.

Si è controllato, tramite l’uso delle foto aeree, quali fossero le particelle utilizzate dopo il 1993. Si riportano in Tab 7.1 e Tab 7.2 i risultati di tale analisi. Nell’immagine soprastante vengono evidenziate in rosso le particelle che non hanno ancora raggiunto l’età di 30 (corrispondente al turno minimo del faggio). Non essendo attualmente utilizzabili, non concorreranno alla generazione dei crediti, vengono perciò eliminate, completamente o parzialmente, tali particelle.

Compresa CP (Ceduo Produttivo)		
Particella	Anno di utilizzazione	Sup. Boscata Campionabile (ha)
10a,13a,14a,9a	Particelle tagliate tra il 2011 e il 2018	0
Compresa FT (Fustaia Transitoria)		
Particella	Anno di utilizzazione	Sup. Boscata Campionabile (ha)
2a,4a,10d,11,14c,3a,6b,7a,8a,9b	Nessun taglio effettuato dopo il 1993	Uguale al particellare originale

Compresa PI (di Protezione)		
Particella	Anno di utilizzazione	Sup. Boscata Campionabile (ha)
2b,4b,15,5,12,10b, 14b,13b,16a,16b,17a, 17b,20a,21a,22a,23a, 24a,26a,3b,6a,6c,7b,8b	Nessun taglio effettuato dopo il 1993	Uguale al particellare originale

Tab 7.1 – Elenco delle particelle utilizzate dopo il 1993, e determinazione della loro superficie campionabile, dell'Uso Civico di Succiso

Compresa CP (Ceduo Produttivo)		
Particella	Anno di utilizzazione	Sup. Boscata Campionabile (ha)
1	Tagliata tra 2000 e 2008	0
13b	Tagliata tra 2006 e 2020	0
14	Tagliata tra 2018 e 2020	0
15	Tagliata tra 2006 e 2008	0
17b	Tagliata tra 2008 e 2011	0
20a	Tagliata tra 2011 e 2018	0
5	Tagliata tra 2000 e 2006	0
6b	Tagliata tra 2006 e 2008	0
12	Tagliata parzialmente tra 2011 e 2018	4,857
7	Tagliata parzialmente tra 2006 e 2018	9,2328
8b	Tagliata parzialmente tra 2006 e 2018	5,755
2a,4,3a,10,9	Nessun taglio effettuato dopo il 1993	Uguale al particellare originale
Compresa FT (Fustaia Transitoria)		
Particella	Anno di utilizzazione	Sup. Boscata Campionabile (ha)
20b, 11,16a,18a,19,3b	Nessun taglio effettuato dopo il 1993	Uguale al particellare originale
Compresa PI (di Protezione)		
Particella	Anno di utilizzazione	Sup. Boscata Campionabile (ha)
16b, 17a,6a,2b,8a,13a, 20c,18b,21a,22a	Nessun taglio effettuato dopo il 1993	Uguale al particellare originale

Tab 7.2 – Elenco delle particelle utilizzate dopo il 1993, e determinazione della loro superficie campionabile, dell'Uso Civico di Miscoso

Da queste due tabelle si può notare la differenza della diversa gestione selvicolturale che i due usi civici hanno adottato negli ultimi anni (come descritto al sottocapitolo 2.1): nell'Uso Civico di Miscoso sono presenti un numero molto più elevato di particelle utilizzate dopo il 1993 rispetto a quello di Succiso.

In particolare: nell'uso civico di Miscoso vengono completamente eliminate dal campionamento le particelle 1, 13b, 14, 15, 17b, 20a, 5 e 6b; parzialmente eliminate le particelle 12, 7, e 8b poiché utilizzate solo in parte negli anni passati; tutte le particelle appartengono alla compresa di Ceduo Produttivo (CP). Nell'Uso Civico di Succiso viene invece completamente eliminata l'intera compresa CP poiché le uniche 4 particelle in essa presenti (10a,13a,14a,9a) sono state utilizzate tra il 2011 e il 2018. In tutte le prossime elaborazioni il particellare di Succiso sarà dunque composto solo dalle comprese di Fustaia Transitoria e di Protezione.

- **Aree con pendenza superiore al 40%:**

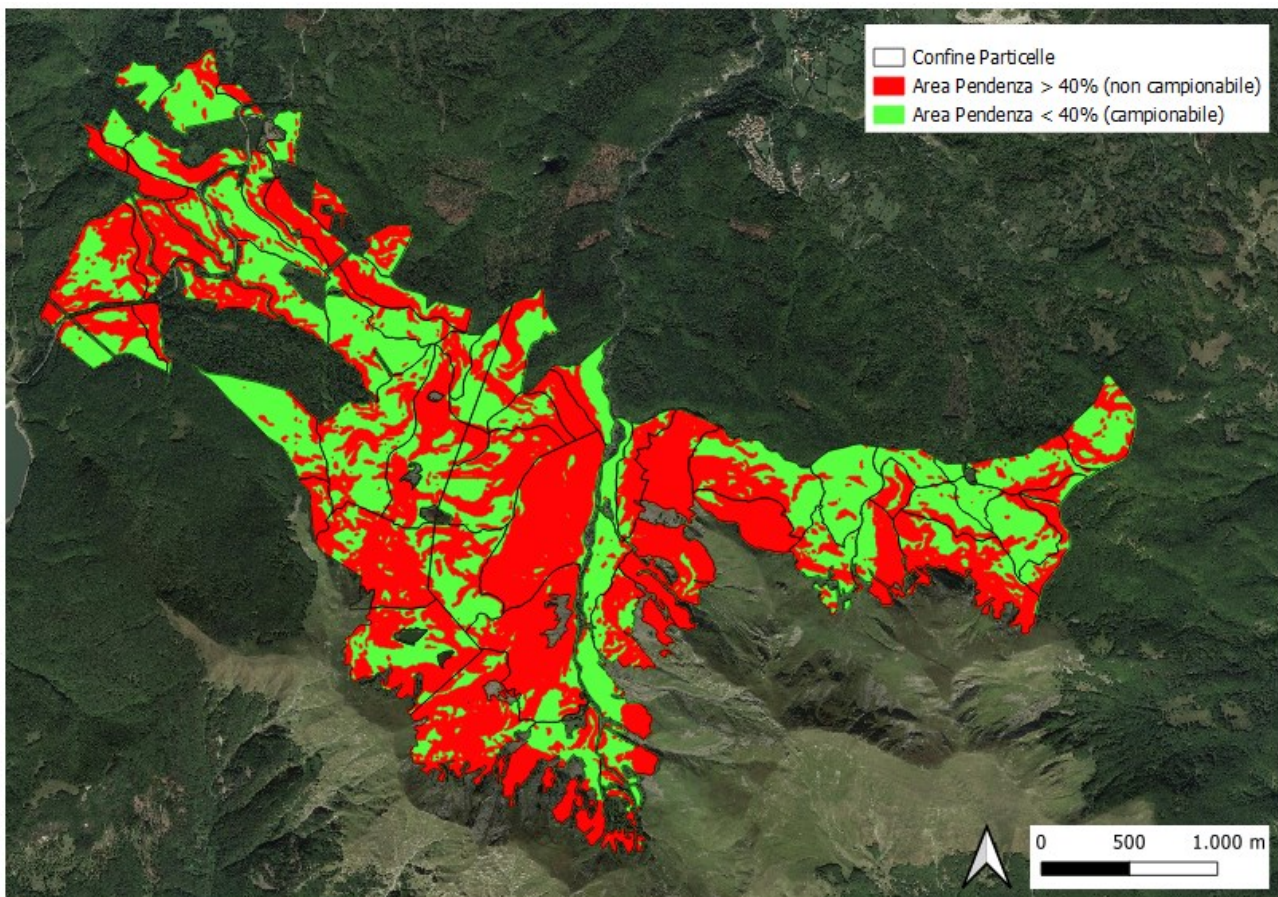


Immagine 8 – Mappa dell'area campionabile secondo il criterio della pendenza percentuale del terreno

Nella mappa vengono evidenziate in rosso le zone con una pendenza del terreno superiore al 40%.

Come spiegato al sottocapitolo 2.2.1 in questo caso non si è eliminata alcuna superficie dal particellare originale poiché quest'area viene considerata non campionabile solamente per motivi pratici delle operazioni in campo e non per problemi nella rappresentatività di tale area rispetto alle zone meno pendenti.

Area Di Campionamento

Di seguito viene riportata la mappa con l'area di campionamento (ovvero l'unione delle mappe mostrate in Immagine 5 e Immagine 7) e le Tab 8.1 e 8.2, ovvero le tabelle del particellare originale (Tab 2.1 e Tab 2.2) in cui sono state eliminate, o modificate, le superfici delle particelle a seguito delle elaborazioni precedenti.

Queste sono le due tabelle utilizzate per la stratificazione del campionamento.

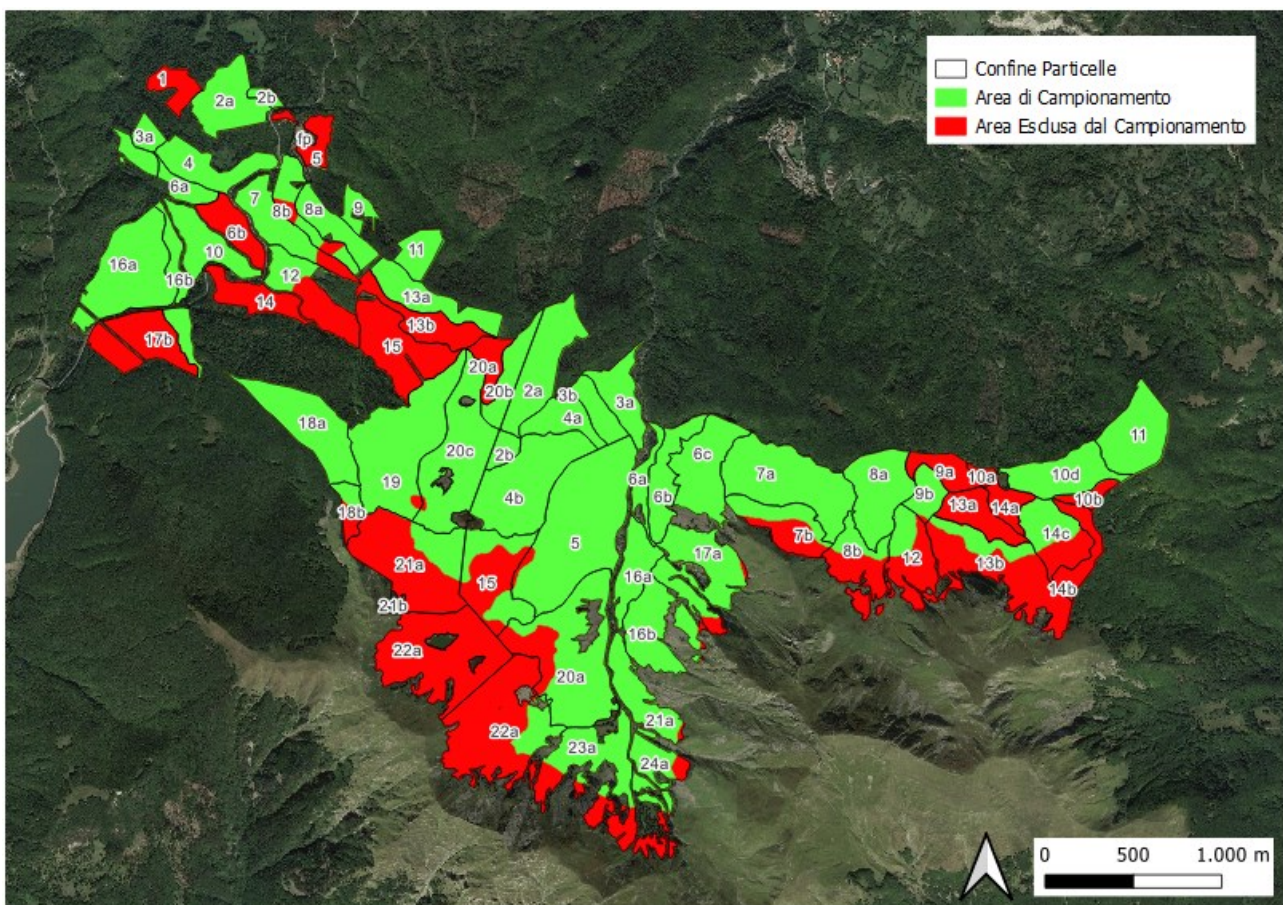


Immagine 9 – Mappa dell'area di campionamento

Particella	Compresa	Sup. Boscata (ha)	Particella	Compresa	Sup. Boscata (ha)
2b	PI	2,649	6c	PI	13,4566
4b	PI	22,2228	7b	PI	5,217
15	PI	8,096	8b	PI	3,51
5	PI	36,1457			
12	PI	3,347	Particella	Compresa	Sup. Boscata (ha)

13b	PI	4,745	2a	FT	14,8905
16a	PI	7,7365	4a	FT	6,8601
16b	PI	11,4645	10d	FT	12,1035
17a	PI	15,388	11	FT	13,2274
3b	PI	5,5067	14c	FT	6,557
20a	PI	24,562	3a	FT	8,1961
21a	PI	8,025	6b	FT	9,1889
22a	PI	4,516	7a	FT	23,3735
23a	PI	11,547	8a	FT	14,1879
24a	PI	5,148	9b	FT	4,518
26a	PI	1,442			
6a	PI	3,1498			

Tab 8.1 – Estensione delle particelle forestali dell’Uso Civico di Succiso con cui si costruirà il campionamento stratificato

Particella	Compresa	Sup. Boscata (ha)	Particella	Compresa	Sup. Boscata (ha)
10	CP	9,5709	13a	PI	10,1719
12	CP	4,857	20c	PI	23,267
2a	CP	11,6972	16b	PI	4,8791
3a	CP	2,5874	17a	PI	3,1882
4	CP	9,7145	18b	PI	1,934
7	CP	9,2328	21a	PI	5,934
8b	CP	5,755	2b	PI	1,3478
9	CP	2,9244	6a	PI	3,6451
			8a	PI	7,1806
Particella	Compresa	Sup. Boscata (ha)			
20b	FT	6,8147			
11	FT	5,1154			
16a	FT	21,1281			
18a	FT	16,6028			
19	FT	28,759			
3b	FT	2,9508			

Tab 8.2 – Estensione delle particelle forestali dell’Uso Civico di Miscoso con cui si costruirà il campionamento stratificato

Area Campionabile

Di seguito viene riportata la mappa dell'area campionabile, ovvero l'area in cui potranno ricadere punti della griglia dove sarà possibile effettuare un'Area di Saggio. L'estensione dell'area qui ritenuta "Campionabile" non corrisponde a quella utilizzata successivamente per la stratificazione del campionamento (riportata invece in Tab 8.1 e 8.2), essa verrà solamente utilizzata per eliminare quei punti della griglia che ricadranno in un'area non campionabile o perché non facente parte dell'Area di Campionamento o perché situata in un'area con una pendenza maggiore del 40% non raggiungibile durante le operazioni in campo.

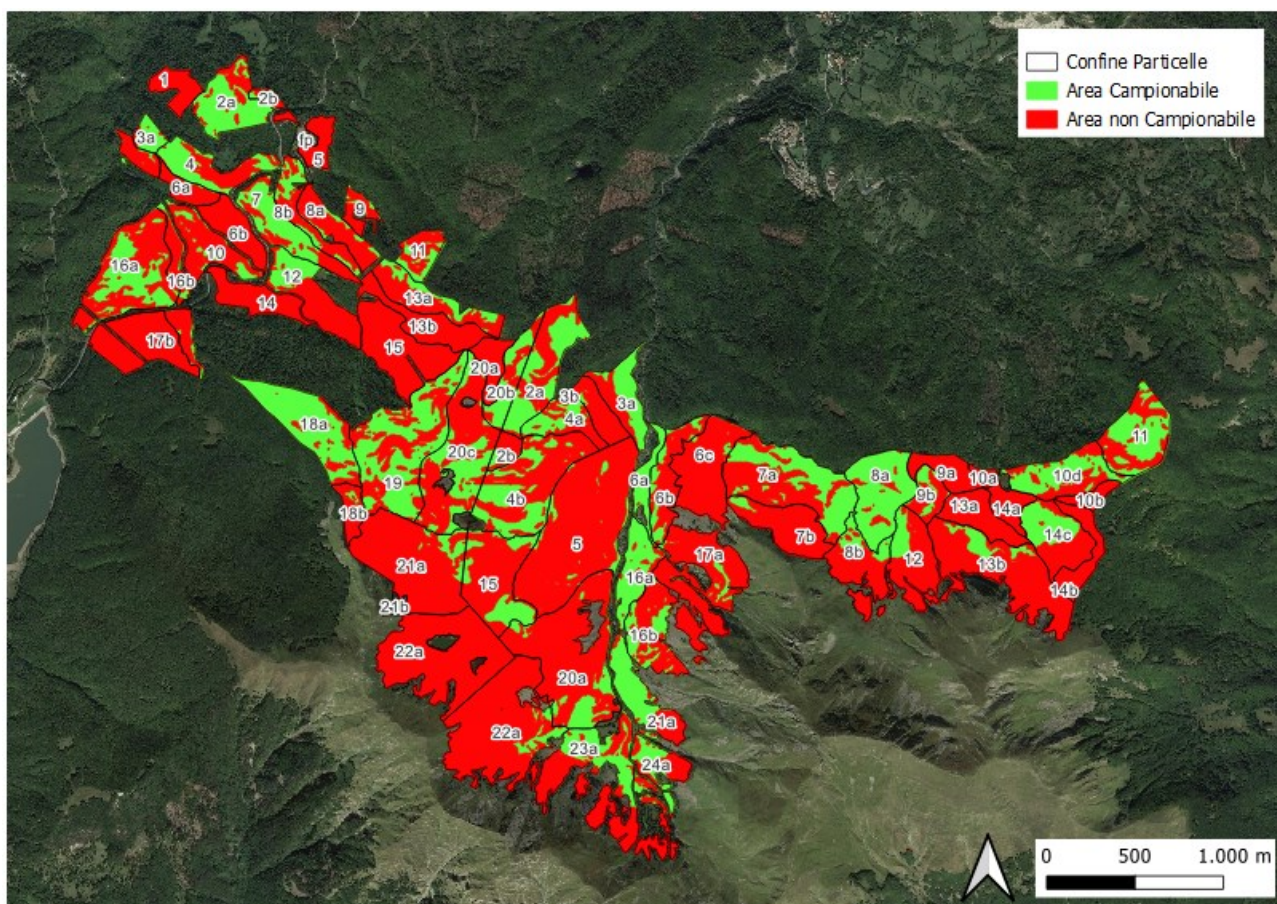


Immagine 10 – Mappa dell'area campionabile

3.1.2 – COSTRUZIONE DELLO SCHEMA DI CAMPIONAMENTO STRATIFICATO

Il primo passaggio consiste nel posizionare la griglia a maglie quadrate 112x112 m all'interno dei confini dell'area campionabile. Il posizionamento della griglia è avvenuto usando l'estensione del raster DTM utilizzato per le elaborazioni geomorfologiche. Viene qui riportata solo la porzione di griglia ricadente all'interno del confine dei due usi civici.

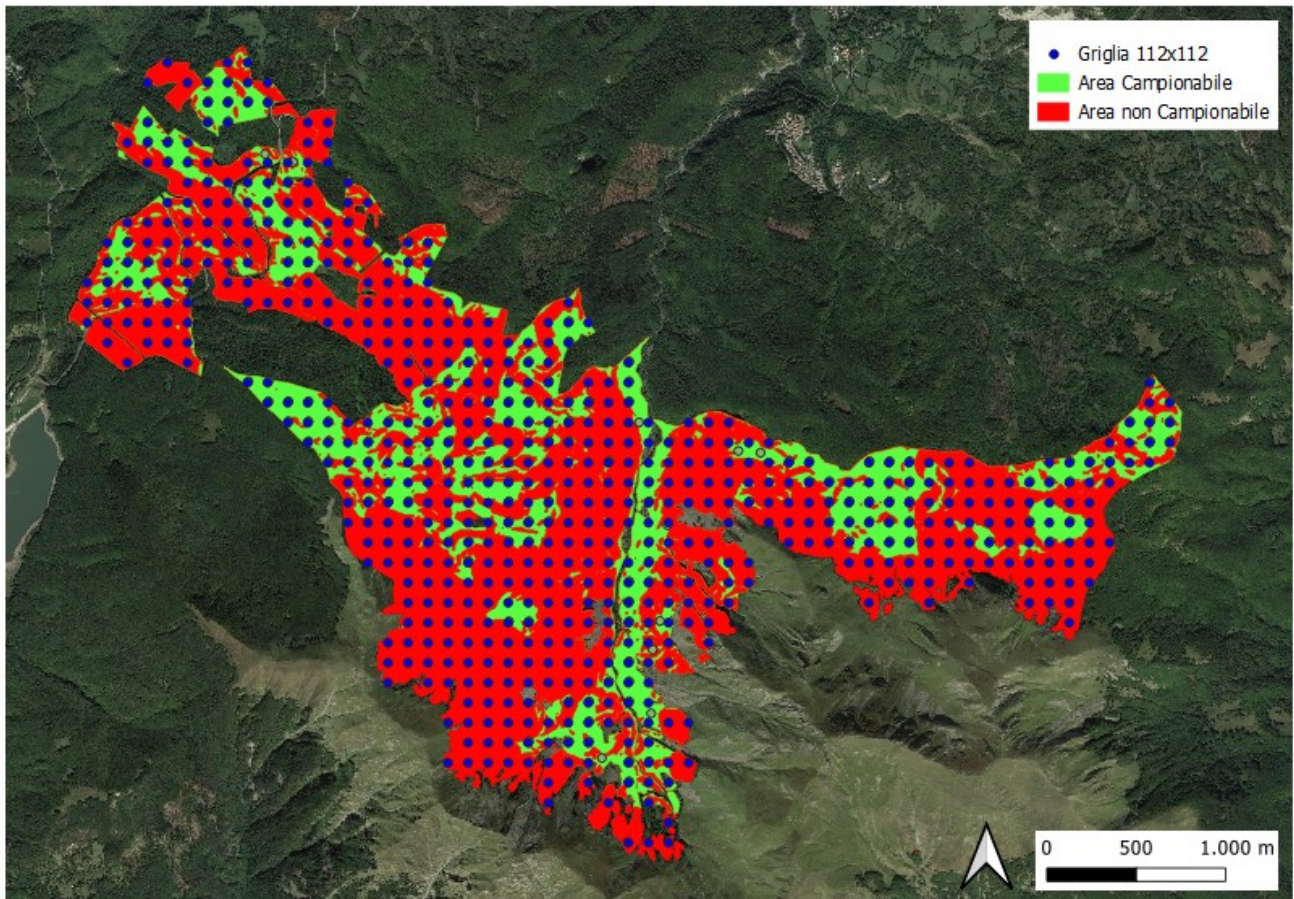


Immagine 11 – Posizionamento della griglia a maglia quadrate 112x112 m nella mappa dell'area campionabile.

Il passaggio successivo è stato quello di eliminare i punti ricadenti nell'area non campionabile. Con i punti rimanenti si è costruito il campionamento stratificato.

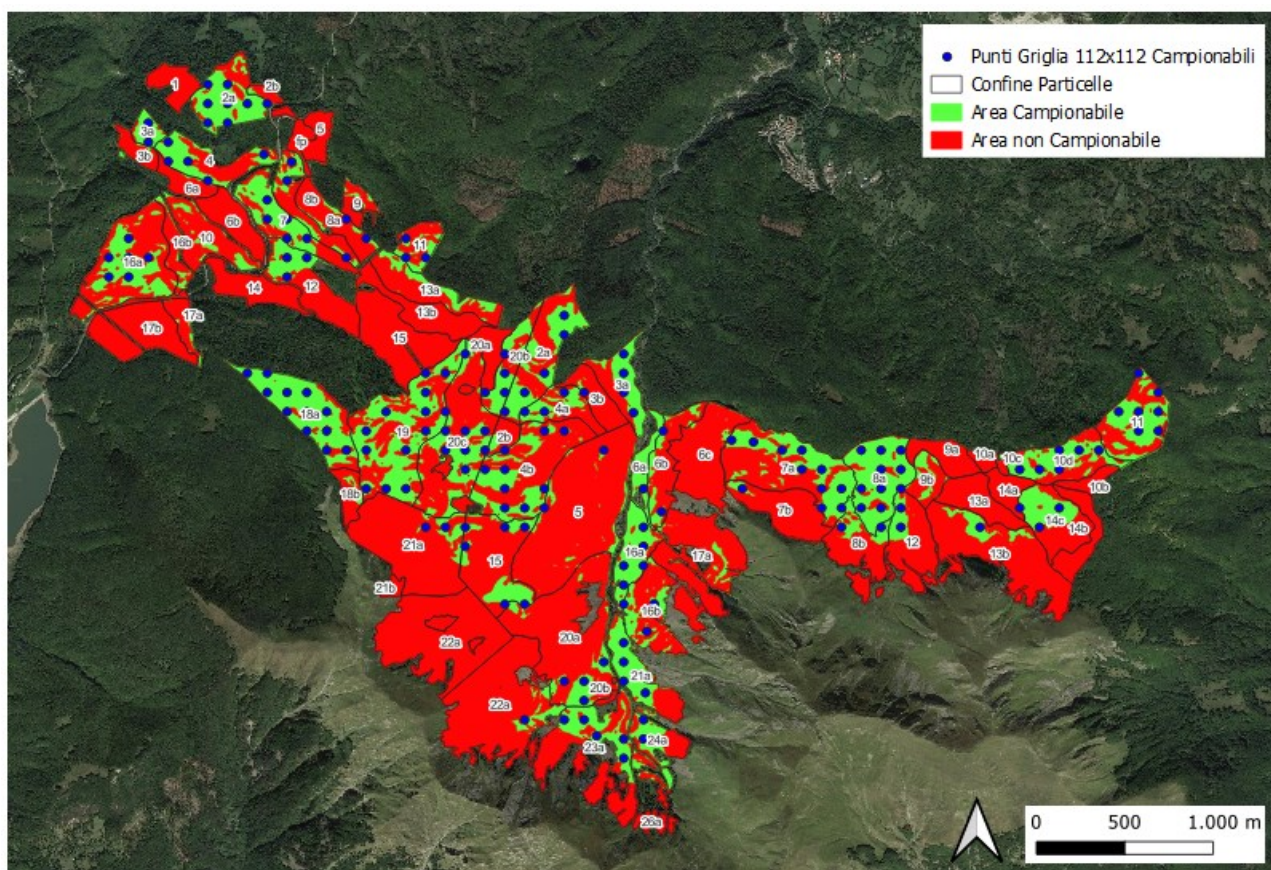


Immagine 12 – Mappa dei punti campionabili della griglia a maglie quadrate 112x112.

Si riportano in seguito le tabelle e le mappe con i calcoli svolti per eliminare i punti della griglia affinché risultasse uno schema di campionamento stratificato secondo l'estensione relativa delle comprese rispetto all'estensione totale dell'uso civico. Una volta ottenuto il numero di punti corretto in entrambe le proprietà si sono uniti i risultati.

- **Stratificazione dello schema di campionamento di Miscoso**

Estensione Totale Particelle = 199,03 ha			
Numero totale Punti presenti = 75			
COMPRESA CP			
Area Compresa	56,34 ha	n Punti nella Compresa	26
Area Relativa	28,31 %	n Punti Relativo	34,67 %
COMPRESA FT			
Area Compresa	81,26 ha	n Punti nella Compresa	37
Area Relativa	40,82 %	n Punti Relativo	49,33 %
COMPRESA PI			
Area Compresa	61,44 ha	n Punti nella Compresa	12
Area Relativa	30,86 %	n Punti Relativo	16 %

Tab 9 – Dimensioni relative di estensione e numero di punti presenti nelle comprese secondo il disegno di campionamento pre-stratificazione nell’Uso Civico di Miscoso

La compresa sottorappresentata è la Compresa PI, per cui si provvede a stratificare lo schema di campionamento utilizzando come nuovo numero totale di punti 39, ovvero il numero di punti presenti nella Compresa PI (12) moltiplicato per la sua Area Relativa (30,86%). Ne risulta che nella Compresa CP debbano essere presenti 11 punti (per cui ne vengono eliminati 15) e che nella Compresa FT ne debbano essere presenti 16 (per cui ne vengono eliminati 21).

Di seguito viene rappresentata la mappa che riporta quali punti sono stati mantenuti e quali sono stati cancellati dal totale dei punti campionabili. La selezione dei punti da eliminare è avvenuta in modo casuale tramite l’algoritmo di QGis.

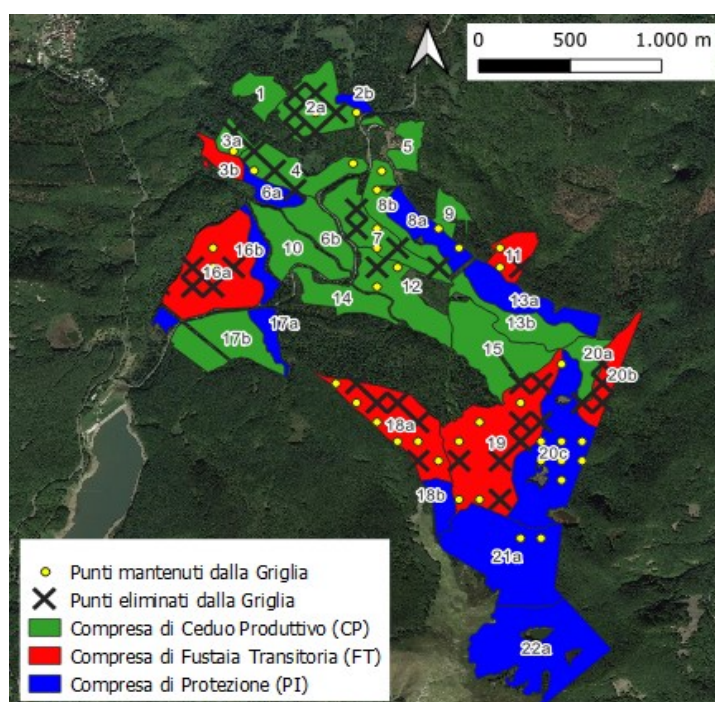


Immagine 13 – Punti di campionamento eliminati dalle comprese per stratificare il campionamento nell’Uso Civico di Miscoso

- **Stratificazione dello schema di campionamento di Succiso**

Estensione Totale Particelle = 311,98 ha			
Numero totale Punti presenti = 102			
COMPRESA FT			
Area Compresa	113,20 ha	n Punti nella Compresa	52
Area Relativa	36,29 %	n Punti Relativo	50,98 %
COMPRESA PI			
Area Compresa	198,77 ha	n Punti nella Compresa	50
Area Relativa	63,71 %	n Punti Relativo	49,02 %

Tab 10 – Dimensioni relative di estensione e numero di punti presenti nelle comprese secondo il disegno di campionamento pre-stratificazione nell’Uso Civico di Succiso

La compresa sottorappresentata è la Compresa PI, per cui si provvede a stratificare lo schema di campionamento utilizzando come nuovo numero totale di punti 78, ovvero il numero di punti presenti nella Compresa PI (50) moltiplicato per la sua Area Relativa (63,71%). Ne risulta che nella Compresa FT debbano essere presenti 28 punti (per cui ne vengono eliminati 24).

Di seguito viene rappresentata la mappa che riporta quali punti sono stati mantenuti e quali sono stati cancellati dal totale dei punti campionabili. La selezione dei punti da eliminare è avvenuta in modo casuale tramite l’algoritmo di QGis.

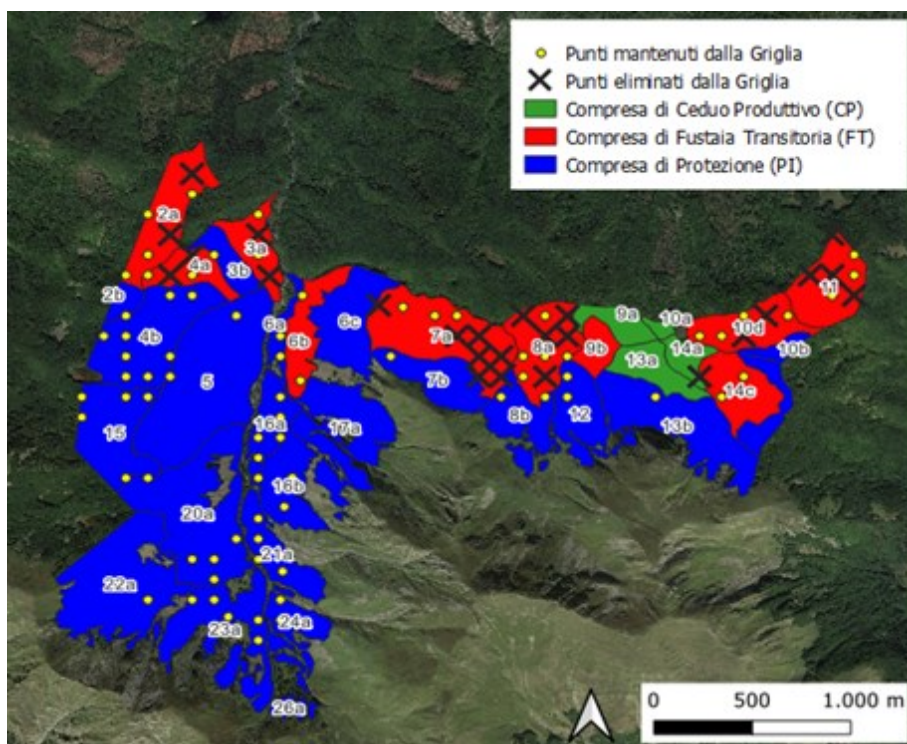


Immagine 14 – Punti di campionamento eliminati dalle comprese per stratificare il campionamento nell’Uso Civico di Succiso

Di seguito viene riportata la mappa con il campionamento stratificato completo dei due Usi Civici. Il numero di punti totale è 117, che è coerente con l'obiettivo posto al sottocapitolo 2.2.2 di circa 100/110 punti. Non è quindi necessario utilizzare un'altra griglia poiché quella a maglie quadrate 112 x 112 m soddisfa i risultati richiesti. Il numero identificativo di ogni punto riportato nella seguente mappa corrisponde al numero dell'AdS nelle Tab 11.1,11.2,11.3 e 12.1, 12.2 riportate al sottocapitolo successivo.

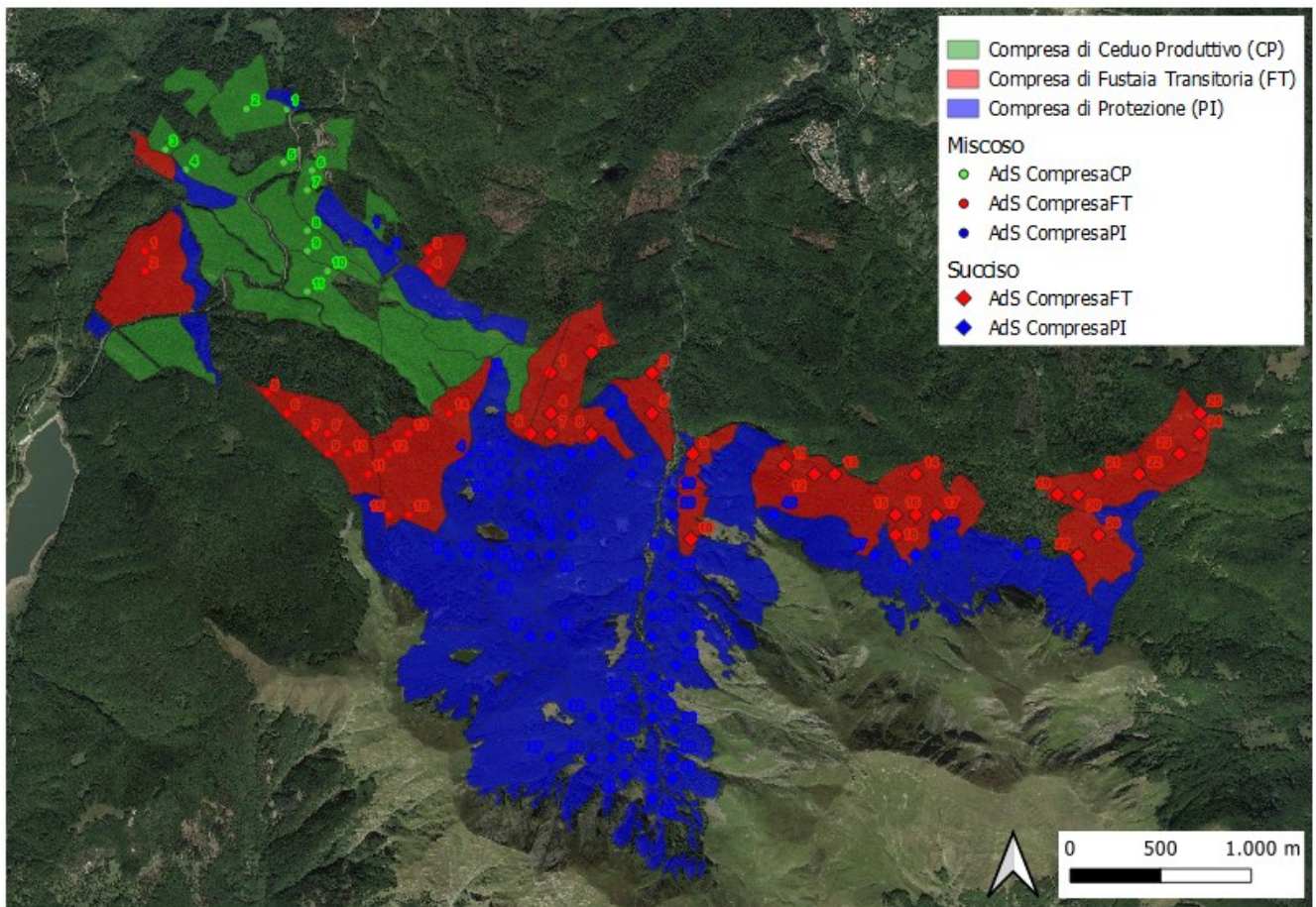


Immagine 15 – Disegno di campionamento stratificato

3.2 – PRESENTAZIONE DEI DATI RILEVATI

3.2.1 – DATI DA AdS CON PROVE RELASCOPICHE

Di seguito vengono presentate le tabelle con tutti i valori di Area Basimetrica G e di Altezza Dominante H_d misurati in ogni AdS assieme al valore di Provvigione ottenuto dalla cubatura tramite la Tavola Dendrometrica Regionale (Allegato 1). Il numero riportato nel campo ID AdS corrisponde al numero identificativo di ogni punto nell'immagine 15. Dove ID AdS è sottolineato significa che in tale punto è stato eseguito un cavallettamento totale, per cui i valori di G e H_d derivano dalle corrispettive tabelle del sottocapitolo 3.2.2.

Per ogni Uso Civico vengono riportate le tabelle riassuntive 11.4 e 12.3 in cui si indicano i valori di G, H_d e Provvigione medi per compresa. Tali valori saranno quelli utilizzati per il calcolo dei crediti di carbonio.

COMPRESA CP			
ID AdS	G [m²/ha]	H_d [m]	Provvigione [m³/ha]
1	33	10,83	138,3
2	29	17,53	192,04
3	9	16,1	62,73
4	40	14,52	217,78
<u>5</u>	22	14,65	125,84
6	23	12,66	114,76
7	24	14,56	135,46
<u>8</u>	27	16	153,8
9	28	14,44	155
<u>10</u>	25	14,58	140,83
11	29	15,68	172,92

Tab 11.1- Valori di G, H_d e Provvigione della Compresa CP dell'Uso Civico di Miscoso

COMPRESA FT			
ID AdS	G [m²/ha]	H_d [m]	Provvigione [m³/ha]
1	36	21,38	284,96
2	32	19,2	229,76
3	57	21,7	451,16
4	60	14,24	315,11
5	33	17,64	218,27
6	38	17,92	253,42
<u>7</u>	38	18,64	263,1
8	34	14,46	186,07
9	37	14,85	206,63
10	37	14,9	207,29

11	34	19,35	245,24
12	27	18,08	184,86
13	30	18,8	211,78
14	33	19,78	243,38
15	38	15,83	225,19
16	21	14,43	118,95

Tab 11.2- Valori di G, H_d e Provvigione della Compresa FT dell'Uso Civico di Miscoso

COMPRESA PI			
ID AdS	G [m²/ha]	H_d [m]	Provvigione [m³/ha]
1	40	12,81	193,48
2	39	13,47	198,06
3	40	18,71	277,38
4	34	18,25	231,93
5	55	18,3	369,17
6	29	14,13	156,95
7	43	18,76	298,24
8	38	17,01	241,3
9	Punto non campionabile		
10	57	22,13	459,88
11	26	18,48	182,12
12	43	16,3	260,49

Tab 11.3- Valori di G, H_d e Provvigione della Compresa PI dell'Uso Civico di Miscoso

COMPRESA CP			
		Dev.Std	Errore medio
G [m²/ha]	26,27	7,30	2,20
H_d [m]	14,69	1,70	0,51
Provvigione [m³/ha]	146,31	38,91	11,73
COMPRESA FT			
		Dev.Std	Errore medio
G [m²/ha]	36,56	9,39	2,35
H_d [m]	17,58	2,42	0,60
Provvigione [m³/ha]	240,32	69,54	17,39
COMPRESA PI			
		Dev.Std	Errore medio
G [m²/ha]	40,36	8,99	2,59
H_d [m]	17,12	2,63	0,76
Provvigione [m³/ha]	260,82	85,13	24,57

Tab 11.4- Valori di G, H_d e Provvigione medi dell'Uso Civico di Miscoso

COMPRESA FT			
ID AdS	G [m²/ha]	H_d [m]	Provvigione [m³/ha]
1	44	20,6	333,56
2	53	22,6	437,26
3	32	19	227,5
4	34	17,88	227,45
5	40	22,75	334,85
6	28	23,15	241,79
7	31	22,74	261,93
8	41	21,7	327,64
9	35	19,2	250,2
10	45	20,13	333,38
11	17	15,8	106,7
12	43	21,34	337,55
13	38	22,53	315,71
14	29	20,78	225,53
15	32	20,45	243,93
16	31	20,31	235,13
17	39	21,25	305,96
18	38	21,48	301,08
19	38	18,25	257,88
20	41	17,77	270,35
21	28	15,37	164,26
22	24	13,55	126,88
23	36	17,47	234,92
24	28	10,9	119,71
25	41	13,85	213,17
26	45	13,15	221,66
27	29	14,18	157,46
28	34	15,98	202,34

Tab 12.1- Valori di G, H_d e Provvigione della Compresa FT dell'Uso Civico di Succiso

COMPRESA PI			
ID AdS	G [m²/ha]	H_d [m]	Provvigione [m³/ha]
1	14	25,45	481,93
2	47	23,83	409,56
3	46	20,43	345,45
4	42	17,32	269,97

5	40	21,05	310,72
6	38	22,1	309,86
7	28	25,88	268,91
8	37	18	247,75
9	32	21,65	257,61
10	27	13,78	143,54
11	34	19	241
12	38	21,2	297,7
13	28	15,45	165,06
14	46	18,68	316,85
15	45	22,45	370,55
16	38	19,38	273,13
17	46	20,25	342,5
18	24	18,9	172,55
19	Punto non campionabile		
20	27	16	164,85
21	38	17,46	247,16
22	59	20,73	446,23
23	54	19,45	384,74
24	28	21,56	225,9
25	36	16,68	224,8
26	32	12,48	153,27
27	35	13,03	173,42
28	24	13,85	129,43
29	37	14,15	197,42
30	24	19,7	179,35
31	56	18,14	372,49
32	35	20,33	264,31
33	35	17,95	234,68
34	29	14,7	162,85
35	30	19,93	223,85
36	37	17,22	237,84
37	35	17,89	233,93
38	29	17,65	193,28
39	50	17,4	320,62
40	19	10,48	81,99
41	38	19,22	270,97
42	24	15,07	139,8
43	17	19,05	126,35
44	29	10,15	115,92
45	43	17,5	278,85
46	64	19,53	455,78

47	30	13,88	159,32
48	10	10,5	48,2
49	52	22,52	427,77
50	33	16,83	208,15

Tab 12.2- Valori di G, H_d e Provvigione della Compresa PI dell'Uso Civico di Succiso

COMPRESA FT			
		Dev.Std	Errore medio
G [m²/ha]	35,56	7,58	1,46
H_d [m]	18,82	3,41	0,66
Provvigione [m³/ha]	252,35	75,36	14,50
COMPRESA PI			
		Dev.Std	Errore medio
G [m²/ha]	36,27	10,97	1,55
H_d [m]	18,08	3,58	0,51
Provvigione [m³/ha]	251,19	99,58	14,08

Tab 12.3- Valori di G, H_d e Provvigione medi dell'Uso Civico di Succiso

3.2.2 – DATI DA AdS CON CAVALLETTAMENTO TOTALE

Vengono riportate le tabelle con i dati misurati in campo tramite le aree di saggio con cavallettamento totale e carotaggio delle piante, elaborati come descritto al sottocapitolo 2.4. Per ogni compresa di ogni Uso Civico si è costruita una tabella con i dati dendrometrici e un grafico che riporta la relazione tra diametro ed incremento corrente percentuale con cui si è ricavata l'equazione di interpolazione lineare necessaria per il calcolo dei crediti di carbonio.

3.2.2.1 – DATI DI INCREMENTO DELL'USO CIVICO DI MISCOSO

AdS 8									
D	N	N /ha	G _{classe}	H	H̄	n A	n̄ A	I _c %	
20	14	198	6,22	15,6-15,4-15,3	15,43	3-5	4	5,00	
25	10	141	6,94	15,9-16,4-16,1	16,13	6-5	5,5	2,91	
30	9	127	9,00	17,3-16,8	17,05	4-4	4	3,33	
35	1	14	1,36	18,1	18,1				
40	2	28	3,56	13,5	13,5	6	6	1,67	
		509	G_{tot} = 27		H_d = 16,00				
AdS 10									
D	N	N /ha	G _{classe}	H	H̄	n A	n̄ A	I _c %	

20	8	113	3,56	13,8-11,8-14,8-13,6-10,8	12,96	6-6-4	5,33	3,75
25	11	156	7,64	15,4-13,8-13,6-16,2	14,75	5-6-5-4	5	3,20
30	14	198	14,00	17,9-13,9-16,8-12,7-15,6	15,38	6-6-5-7	6	2,22
		467	G_{tot} = 25		H_d = 14,58			
AdS 5								
D	N	N/ha	G_{classe}	H	H̄	n A	n̄ A	I_c%
20	10	141	4,44	14,7-15,2-13,8-15,3-13,6	14,52	3-3-5-4-6	4,2	4,76
25	6	85	4,17	14,8-14,7	14,75	6-4	5	3,20
30	9	127	9,00	15,8-15,3-15,3-15,1	15,38	5-4-5-4-4	4,4	3,03
35	2	28	2,72	19,1	19,1			
40	1	14	1,78					
		396	G_{tot} = 22		H_d = 14,65			

Tab 13.1- Dati di AdS con cavallettamento totale della Compresa CP dell'Uso Civico di Miscoso

Classe Diametrica	I%	Dev.Std	Std.Err.
20	4,50	0,540837	0,312252
25	3,10	0,137136	0,079175
30	2,86	0,468969	0,27076
40	1,67	0	0

Tab 13.2- Dati medi di incremento di classe della Compresa CP dell'Uso Civico di Miscoso

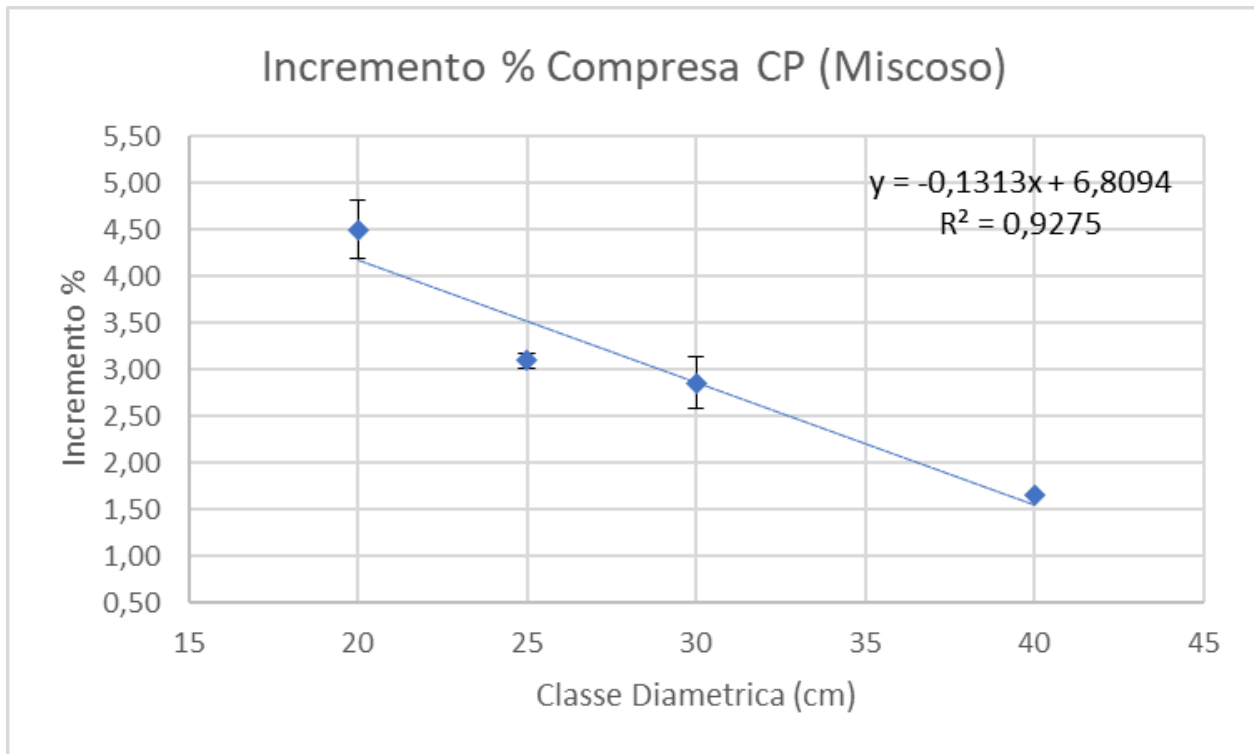


Immagine 16- Grafico di interpolazione lineare tra i valori medi di incremento di classe della Compresa CP dell'Uso Civico di Miscoso

Di seguito viene riportata la tabella riassuntiva dei dati di incremento della compresa CP dell'Uso Civico di Miscoso.

N/ha	457
G [m²/ha]	26,27
Provvigione [m³/ha]	146,31
d_g [cm]	27,1
I_c%	3,25
I_c [m³/ha·y]	4,76

Tab 13.3- Dati di incremento corrente della Compresa CP dell'Uso Civico di Miscoso

AdS 14								
D	N	N/ha	G_{classe}	H	H̄	n A	n̄ A	I_c%
20	10	141	4,44	20,2-20,0-17,5	19,23	7-4-5	5,3	3,77
25	12	170	8,33	19,3-21,2-17,6	19,37	5-6-6	5,67	2,82
30	8	113	8,00	20,3-20,0-19,6	19,97	7-5	6	2,22
35	8	113	10,89	21,2-21-20,1	20,77	6-5	5,5	2,08
40	1	14	1,78	20,9	20,9			

		552	G_{tot} = 33		H_d = 19,78			
AdS 11								
D	N	N/ha	G_{classe}	H	H̄	n A	n̄ A	I_c%
20	8	113	3,56	17-16,8-15,4	16,4	6-6-5	5,67	3,53
25	8	113	5,56	18,4-17,4-19,1-20,7	18,9	6-5-7	6	2,67
30	8	113	8,00	19-21-22-21.1-20.9	20,8	8-5-5-8	6,5	2,05
35	6	85	8,17	19,4-20,2-20,1	19,9	6	6	1,90
40	1	14	1,78	21,8	21,8	4	4	2,50
45	3	42	6,75	22,6	22,6	6	6	1,48
		481	G_{tot} = 34		H_d = 19,35			
AdS 7								
D	N	N/ha	G_{classe}	H	H̄	n A	n̄ A	I_c%
20	20	283	8,89	19,3-20,1-18,2	19,2	7-8-6-7	7	2,86
25	21	297	14,58	15,7-16,7-19,5	17,3	8-9-12-6	8,75	1,83
30	5	71	5,00	20,5-20,9	20,7	13-12	12,5	1,07
35	3	42	4,08	20,3	20,3	6	6	1,90
40	2	28	3,56	18,7-19,9	19,3	8	8	1,25
45	1	14	2,25	19	19	9	9	0,99
		736	G_{tot} = 38		H_d = 18,64			

Tab 14.1 - Dati di AdS con cavallettamento totale della Compresa FT dell'Usò Civico di Miscoso

Classe Diametrica	I%	Dev.Std	Err.Std
20	3,39	0,38725	0,223579
25	2,44	0,436289	0,251892
30	1,78	0,509247	0,294014
35	1,96	0,081628	0,047128
40	1,88	0,625	0,441942
45	1,23	0,246914	0,174594

Tab 14.2- Dati medi di incremento di classe della Compresa FT dell'Usò Civico di Miscoso

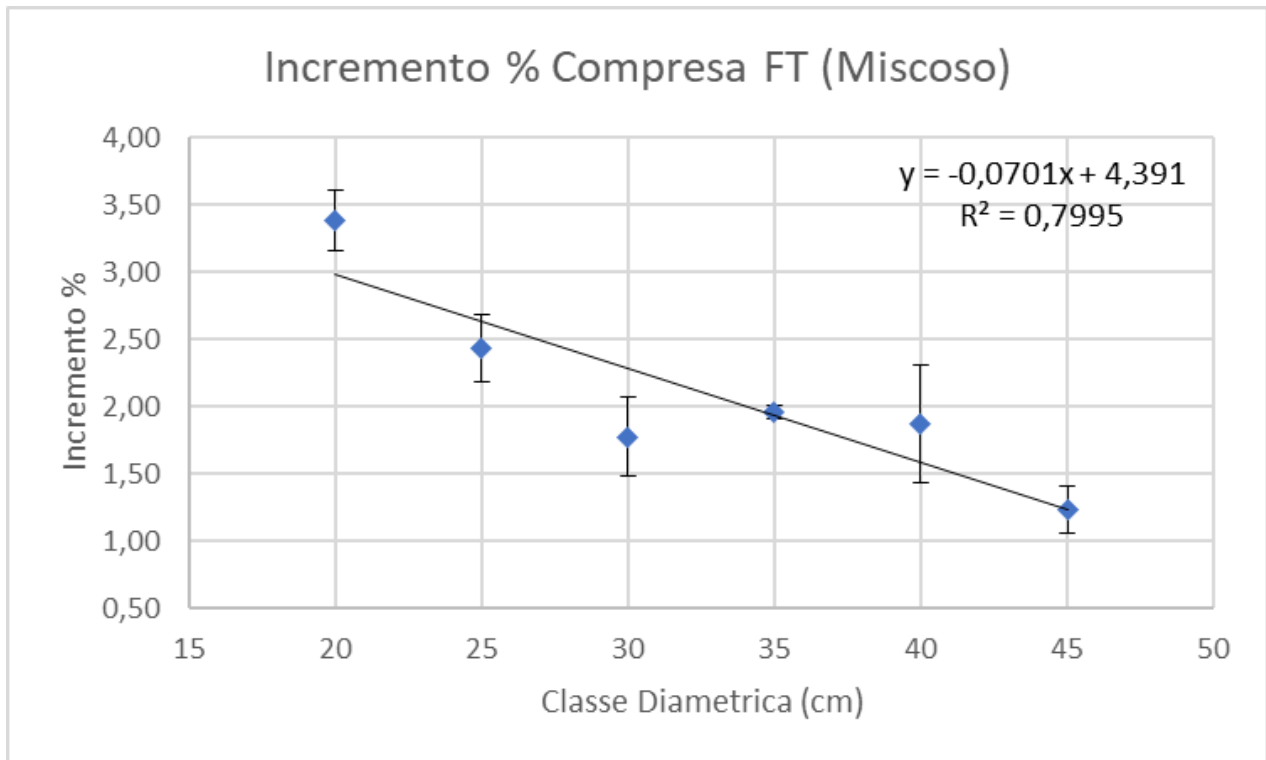


Immagine 17- Grafico di interpolazione lineare tra i valori medi di incremento di classe della Compresa FT dell'Uso Civico di Miscoso

Di seguito viene riportata la tabella riassuntiva dei dati di incremento della compresa FT dell'Uso Civico di Miscoso.

N/ha	590
G [m²/ha]	36,56
Provvigione [m³/ha]	240,32
d_g [cm]	28,1
I_c%	2,42
I_c [m³/ha·y]	5,81

Tab 14.3- Dati di incremento corrente della Compresa FT dell'Uso Civico di Miscoso

AdS 2								
D	N	N/ha	G_{classe}	H	H̄	n A	n̄ A	I_c%
20	31	439	13,78	13,6-13,3-14,2-15-10,7-12,3	13,18	7-6-8-6	6,75	2,96
25	17	241	11,81	13,7-13,6-14,9	14,07	8-7-5	6,67	2,40
30	8	113	8,00	12,3	12,3	10	10	1,33
35	3	42	4,08	15,6	15,6			
40	1	14	1,78	15,1	15,1			

		849	G_{tot} = 39		H_d = 13,47			
AdS 12								
D	N	N /ha	G_{classe}	H	H̄	n A	n̄ A	I_c%
20	42	594	18,67	15,9-16,6-15,8-15,1- 16,7-16,3-15,2	15,94	10-11- 18-11-11	12,2	1,64
25	18	255	12,50	14,4-15,6-17,5-19,6	16,78	9-10-8	9	1,78
30	9	127	9,00	17,5-15,9-18,1-15,4	16,73	9	9	1,48
35	1	14	1,36	16,9	16,9	7	7	1,63
40	1	14	1,78	18,4	18,4	6	6	1,67
		1004	G_{tot} = 43		H_d = 16,30			
AdS 8								
D	N	N /ha	G_{classe}	H	H̄	n A	n̄ A	I_c%
20	25	354	11,11	16,2-15,6-17,2-15,4- 16,9-17	16,38	14-8-8- 10	10	2,00
25	11	156	7,64	18,4-18-16,6-18,2-17,9- 16,1-15,4	17,22	9-8-9	8,67	1,85
30	6	85	6,00	17,6-18,3-17,8	17,9	10-12-8	10	1,33
35	7	99	9,53	18-17,6-17,5	17,7	8-10-9	9	1,27
40	1	14	1,78	17,5	17,5	8	8	1,25
45	1	14	2,25	19,6	19,6	10	10	0,89
		722	G_{tot} = 38		H_d = 17,01			

Tab 15.1- Dati di AdS con cavallettamento totale della Compresa PI dell'Uso Civico di Miscoso

Classe Diametrica	I%	Dev.Std	Err.Std
20	2,20	0,558703	0,322567
25	2,00	0,278179	0,160607
30	1,38	0,069838	0,040321
35	1,45	0,181406	0,128273
40	1,46	0,208333	0,147314
45	0,89	0	0

Tab 15.2- Dati medi di incremento di classe della Compresa PI dell'Uso Civico di Miscoso

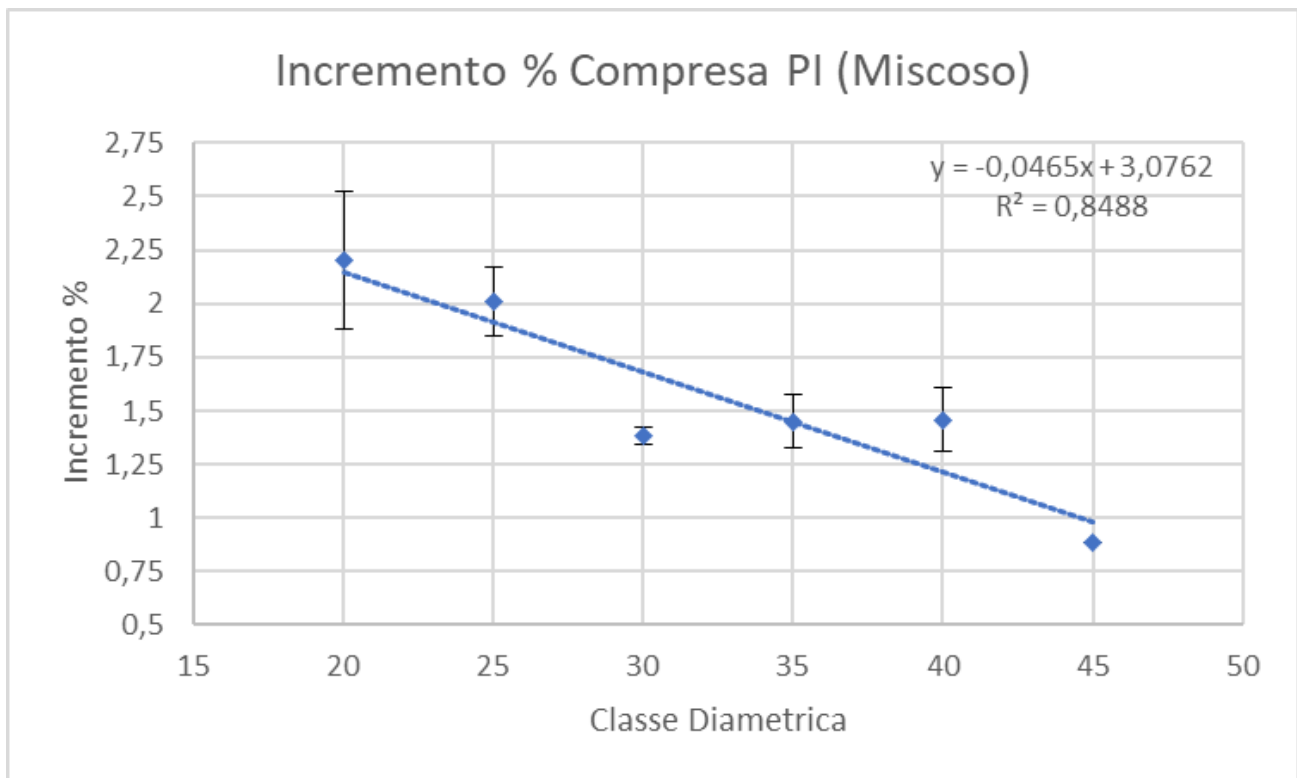


Immagine 18- Grafico di interpolazione lineare tra i valori medi di incremento di classe della Compresa PI dell'Uso Civico di Miscoso

Di seguito viene riportata la tabella riassuntiva dei dati di incremento della compresa PI dell'Uso Civico di Miscoso.

N/ha	858
G [m²/ha]	40,36
Provvigione [m³/ha]	260,82
d_g [cm]	24,48
I_c%	1,94
I_c [m³/ha·y]	5,06

Tab 15.3- Dati di incremento corrente della Compresa PI dell'Uso Civico di Miscoso

3.4.2.2 – DATI DI INCREMENTO DELL'USO CIVICO DI SUCCISO

AdS 19								
D	N	N /ha	G_{classe}	H	H̄	n A	n̄ A	I_c%
20	27	382	12,00	18,5-16,5-18,4-17,8	17,8	11-8-7-14-14-11	10,83	1,85
25	7	99	4,86	18,1-18-20,3	18,8	6-7	6,5	2,46
30	7	99	7,00	20,6-20,6-17,4-19,7-16,1	18,88	6-7	6,5	2,05
35	2	28	2,72	20,2-18,5	19,35			
40	5	71	8,89	16,2-22-19,2-17-17,5	18,38	6	6	1,67
45	1	14	2,25	19,3	19,3			
		693	G_{tot} = 38		H_d = 18,25			
AdS 12								
D	N	N /ha	G_{classe}	H	H̄	n A	n̄ A	I_c%
20	6	85	2,67	18,9-19,9-16,5	18,43	18-9-12	13	1,54
25	6	85	4,17	21,4-21,4	21,4	6-8	7	2,29
30	5	71	5,00	18,2-21,1	19,8	14-9	11,5	1,16
35	7	99	9,53	24,2-21,4	22,8	9-6	7,5	1,52
40	5	71	8,89	21,2-23	22,15	7	7	1,43
45	2	28	4,50	23,9	23,9	8	8	1,11
50	3	42	8,33	22,4-23,9	23,15	7	7	1,14
		481	G_{tot} = 43		H_d = 21,34			
AdS 7								
D	N	N /ha	G_{classe}	H	H̄	n A	n̄ A	I_c%
20	5	71	2,22	16,7-18,2	17,45	4-10	7	2,86
25	18	255	12,50	22,1-24-23-25,1	23,55	8-6-7-9-8	7,6	2,11
30	2	28	2,00	23,2	23,2	6	6	2,22
35	5	71	6,81	23,5-23,1	23,3	8-6	7	1,63
40	1	14	1,78	24,5	24,5	4	4	2,50
45								
50	2	28	5,56	25,9-26,1	26	6	6	1,33
		467	G_{tot} = 31		H_d = 22,74			

Tab 16.1- Dati di AdS con cavallettamento totale della Compresa FT dell'Uso Civico di Succiso

Classe Diametrica	I%	Dev.Std	Err.Std
20	2,080775	0,563214	0,325172
25	2,284172	0,145453	0,083977
30	1,810975	0,465974	0,26903
35	1,578231	0,054422	0,038482
40	1,865079	0,459359	0,265211
45	1,111111	0	0
50	1,238095	0,095238	0,067344

Tab 16.2- Dati medi di incremento di classe della Compresa FT dell'Uso Civico di Succiso

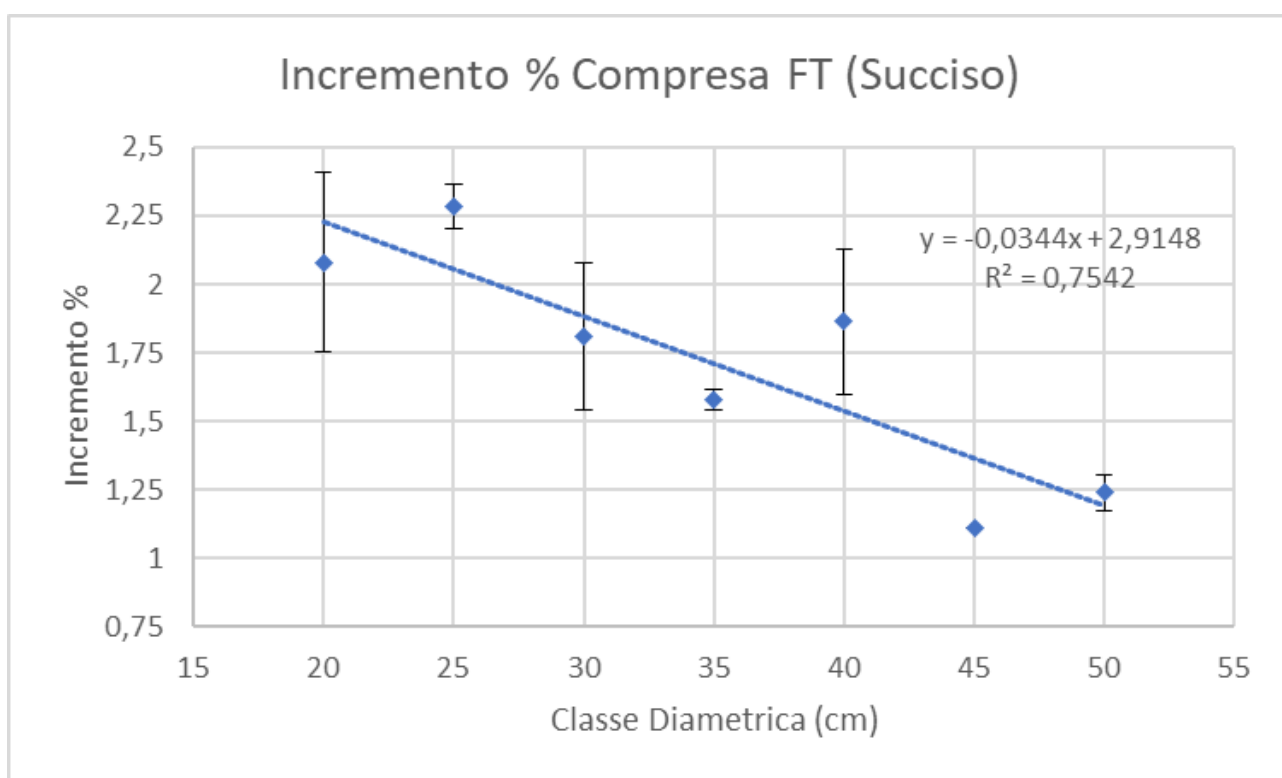


Immagine 19- Grafico di interpolazione lineare tra i valori medi di incremento di classe della Compresa FT dell'Uso Civico di Succiso

Di seguito viene riportata la tabella riassuntiva dei dati di incremento della compresa FT dell'Uso Civico di Succiso.

N/ha	547
G [m²/ha]	35,56
Provvigione [m³/ha]	252,35
d_g [cm]	28,78
I_c%	1,92
I_c [m³/ha·y]	4,86

Tab 16.3- Dati di incremento corrente della Compresa FT dell'Uso Civico di Succiso

AdS 24								
D	N	N /ha	G_{classe}	H	H̄	n A	n̄ A	I_c%
20	15	212	6,67	20,1-21,7-20,2	20,67	6-7-7-8	7	2,86
25	15	212	10,42	20,3-23,9-18,5	20,9	7-7-6-5	6,25	2,56
30	3	42	3,00	20	20	6	6	2,22
35	2	28	2,72	23,9-22,9	23,4	7	7	1,63
40	1	14	1,78	23,7	23,7	6	6	1,67
55	1	14	3,36	22	22	8	8	0,91
		509	G_{tot} = 28		H_d = 21,56			
AdS 31								
D	N	N /ha	G_{classe}	H	H̄	n A	n̄ A	I_c%
20	12	170	5,33	14,7-16,6-16,8-16,2	16,08	11-15	13	1,54
25	10	141	6,94	20,4-17,8-16,8-17,2	18,05	10-6	8	2,00
30	7	99	7,00	17,1-17,3-19,8	18,06	15	15	0,89
35	7	99	9,53	19,3-19,3-18,2	18,93	9	9	1,27
40	3	42	5,33	19,9	19,9	8	8	1,25
45	2	28	4,50	19,2	19,2	8	8	1,11
50	1	14	2,78	20,9	20,9	7	7	1,14
55	1	14	3,36	20,6	20,6	8	8	0,91
60	1	14	4,00	22,3	22,3	8	8	0,83
80	1	14	7,11	22,2	22,2	10	10	0,50
		637	G_{tot} = 56		H_d = 18,14			
AdS 37								
D	N	N /ha	G_{classe}	H	H̄	n A	n̄ A	I_c%
20	18	255	8,00	17,7-18-16-17,6-17,8-17,7	17,47	10-11-17	12,67	1,58
25	17	241	11,81	20,7-19,9-17,2-16,8-16,9-17,4	18,15	9-10-9	9,33	1,71
30	8	113	8,00	18,2-20,8-21,1	20,03	15-8	11,5	1,16
35	2	28	2,72	19,4	19,4	10	10	1,14
40	1	14	1,78	20,4	20,4	11	11	0,91

45	1	14	2,25	18,9	18,9	9	9	0,99
		665	G_{tot} = 35		H_d = 17,89			
AdS 14								
D	N	N /ha	G_{classe}	H	H̄	n A	n̄ A	I_c%
20	6	85	2,67	18,7-15,2-16,2	16,7	14	14	1,43
25	11	156	7,64	20,8-19-14-15,6-15,8-17,4	17,1	12-15	13,5	1,19
30	12	170	12,00	24,1-16,4-17,9-18,1-17,2-19,2	18,81	11-7-9	9	1,48
35	4	57	5,44	24,7-18,4	21,55	8-6	7	1,63
40	5	71	8,89	21,4-20,1	20,75	15-10	12,5	0,80
45	1	14	2,25	22,8	22,8	11	11	0,81
55	2	28	6,72	20,7-18,3	19,5	8-11	9,5	0,77
		580	G_{tot} = 46		H_d = 18,68			

Tab 17.1- Dati di AdS con cavallettamento totale della Compresa PI dell'Usò Civico di Succiso

Classe Diametrica	I%	Dev.Std	Err.Std
20	1,85	0,583671	0,291836
25	1,87	0,49647	0,248235
30	1,44	0,499005	0,249503
35	1,42	0,217829	0,108914
40	1,16	0,338126	0,169063
45	0,97	0,124417	0,071832
50	1,14	0	0
55	0,86	0,067666	0,039067
60	0,83	0	0
80	0,5	0	0

Tab 17.2- Dati medi di incremento di classe della Compresa PI dell'Usò Civico di Succiso

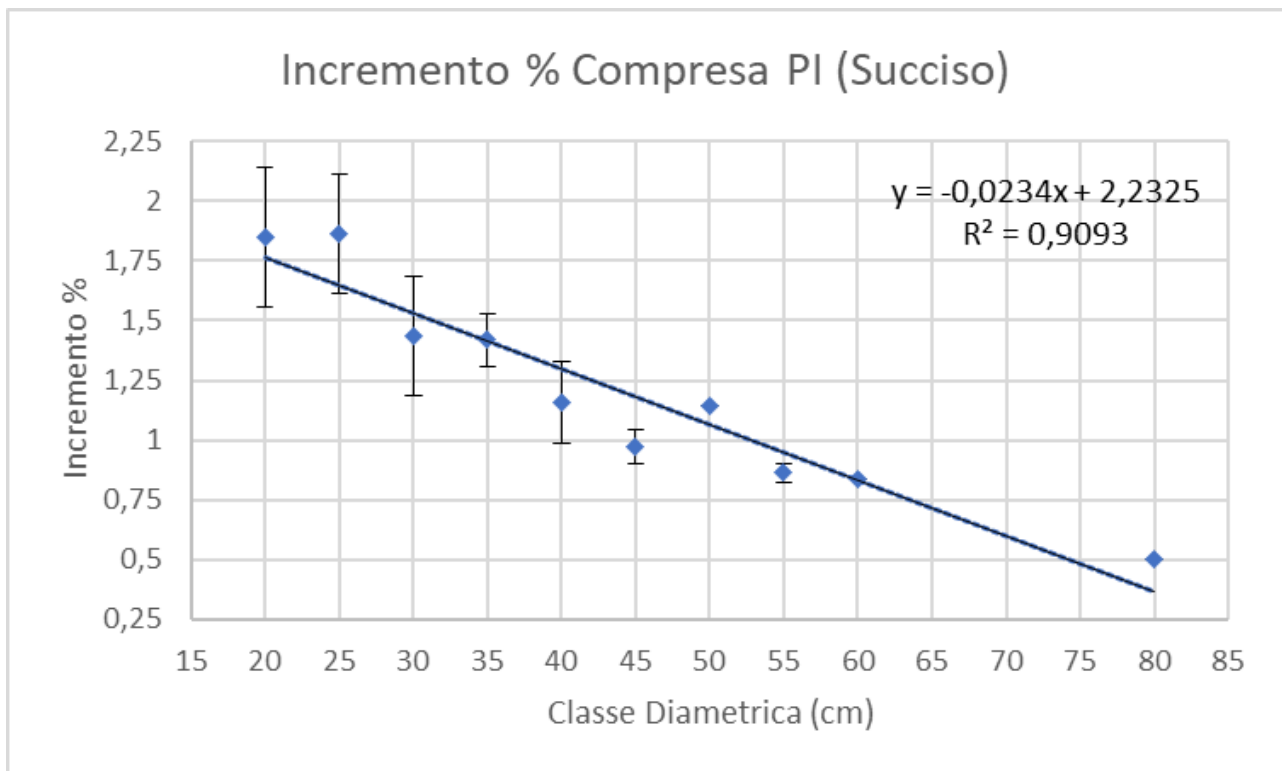


Immagine 20- Grafico di interpolazione lineare tra i valori medi di incremento di classe della Compresa PI dell'Uso Civico di Succiso

Di seguito viene riportata la tabella riassuntiva dei dati di incremento della compresa PI dell'Uso Civico di Succiso.

N/ha	598
G [m²/ha]	36,27
Provvigione [m³/ha]	251,19
d_g [cm]	27,8
I_c%	1,58
I_c [m³/ha·y]	3,97

Tab 17.3- Dati di incremento corrente della Compresa PI dell'Uso Civico di Succiso

3.2.3 – CONFRONTO DEI VALORI DENDROMETRICI PRINCIPALI FRA DATI MISURATI IN CAMPO E DATI RIPORTATI NEI PIANI D'ASSESTAMENTO

USO CIVICO DI MISCOSO		
	Dati misurati	Dati da PdA
Compresa CP		
G [m ² /ha]	26,27	35,77
H _d [m]	14,69	15,99
Provvigione [m ³ /ha]	146,31	207,37
Incremento corrente [m ³ /ha·y ⁻¹]	4,76	4
Incremento corrente %	3,25	1,93
Compresa FT		
G [m ² /ha]	36,56	44,35
H _d [m]	17,58	16,20
Provvigione [m ³ /ha]	240,32	270,19
Incremento corrente [m ³ /ha·y ⁻¹]	5,81	4
Incremento corrente %	2,42	1,48
Compresa PI		
G [m ² /ha]	40,36	18-50
H _d [m]	17,12	8-19
Provvigione [m ³ /ha]	260,82	90-350
Incremento corrente [m ³ /ha·y ⁻¹]	5,06	4
Incremento corrente %	1,94	1,14-4,4

Tab 18.1- Confronto dei principali dati dendrometrici delle comprese dell'Usso Civico di Miscoso provenienti dalle misure in campo (in verde) e dal piano d'assestamento (in blu)

USO CIVICO DI SUCCISO		
	Dati misurati	Dati da PdA
Compresa FT		
G [m ² /ha]	35,56	47,8
H _d [m]	18,82	18,8
Provvigione [m ³ /ha]	252,35	336
Incremento corrente [m ³ /ha·y ⁻¹]	4,86	3,5
Incremento corrente %	1,92	1,04
Compresa PI		
G [m ² /ha]	36,27	51,2
H _d [m]	18,08	18,7
Provvigione [m ³ /ha]	251,19	355
Incremento corrente [m ³ /ha·y ⁻¹]	3,97	3,5
Incremento corrente %	1,58	0,99

Tab 18.2- Confronto dei principali dati dendrometrici delle comprese dell'Usso Civico di Succiso provenienti dalle misure in campo (in verde) e dal piano d'assestamento (in blu)

Dopo aver elaborato i dati di provvigione ed incremento corrente provenienti dalle misurazioni in campo è possibile fare un confronto con gli stessi dati riportanti nei piani d'assestamento dei due Usi Civici. Risulta evidente come vi siano delle differenze rilevanti tra i valori.

La misura di provvigione riportata nei piani d'assestamento è sempre sovrastimata, in tutte le comprese il valore proveniente dal piano è sempre maggiore rispetto a quello misurato, l'unica eccezione è la compresa di Protezione (PI) di Miscoso il cui valore di provvigione nel piano d'assestamento è indicato con un intervallo che va dai 90 ai 350 m³/ha, se si assume un valore medio di 220 m³/ha allora essa risulta essere l'unica provvigione sottostimata. In particolare, le provvigioni delle comprese FT e PI dell'Usso Civico di Succiso presentano un errore di sovrastima abbastanza importante: la provvigione della compresa FT risulta di 83,64 m³/ha superiore rispetto al valore reale, ovvero un errore del 33,1%; ugualmente, per quanto riguarda la provvigione della compresa PI, vi è una sovrastima di 104 m³/ha, che equivale ad un errore del 41,3%.

Per quanto riguarda la stima degli incrementi correnti si osserva la situazione contraria, essi risultano sottostimati in tutte le comprese di entrambi gli Usi Civici. L'errore si attesta tra i 0,5 e 1,81 m³/ha·y⁻¹. Anche l'incremento percentuale risulta sempre sottostimato. Oltre ad una differenza nel valore assoluto degli incrementi correnti non sembra essere corretta la variabilità del dato fra comprese assegnata dai piani d'assestamento: sia per Miscoso che per Succiso viene assegnato lo stesso valore di incremento a tutte le comprese mentre, tramite le misure in campo, si evidenzia il fatto che esso assume valori diversi fra le comprese.

Dal confronto dei dati dendrometrici ci si aspetta quindi la presenza di un errore significativo nel calcolo dei crediti di carbonio, data la decisa differenza tra i valori misurati e quelli indicati nei piani d'assestamento.

Dato che vi è una sovrastima della provvigione e una sottostima dell'incremento è difficile stabilire a priori se l'errore nel calcolo della quantità di crediti di carbonio risulterà positivo o negativo, tuttavia è ragionevole pensare che, a causa della grossa sovrastima del valore di provvigione, risulti anch'esso maggiore rispetto a quello reale.

3.3 - RISULTATI DEL CALCOLO DEI CREDITI DI CARBONIO

Si presentano di seguito i calcoli della quantità di crediti di carbonio generati nei due casi descritti ai sottocapitoli 2.4.1 e 2.4.2.

Nelle tabelle seguenti su sfondo verde vengono rappresentati i calcoli svolti con i dati misurati ed elaborati tramite il campionamento, mentre in blu sono rappresentati i calcoli effettuati utilizzando i dati riportati nei Piani di Assestamento dei due Usi Civici.

3.3.1 – CALCOLO DEI CREDITI DI CARBONIO CON BASELINE PIANO DI ASSESTAMENTO

Miscoso			
Dati misurati in campo		Dati provenienti da PdA	
Compresa CP			
Prov [m ³ /ha]	146,31	Prov [m ³ /ha]	207,37
A _t [ha]	9,538	A _t [ha]	9,538
t _p	0,5	t _p	0,5
I _c %	3,25	I _c %	1,93
V1	720,4293	V1	1008,034
V2	1440,859	V2	2016,068
Crediti Generati	1273	Crediti Generati	1782
Compresa FT			
Prov [m ³ /ha]	240,32	Prov [m ³ /ha]	270,19
A _t [ha]	4,36	A _t [ha]	4,36
t _p	0,4	t _p	0,4
I _c %	2,42	I _c %	1,48
V1	429,2607	V1	478,1853
V2	1073,152	V2	1195,463
Crediti Generati	1138	Crediti Generati	1268
Tot Crediti		Tot Crediti	
2412		3050	

Tab 19.1- Quantità di crediti generati dall'Usa Civico di Miscoso nel caso di utilizzo del Piano d'Assestamento come baseline

Succiso			
Dati da misurazioni in campo		Dati provenienti da PdA	
Compresa FT			
Prov [m ³ /ha]	252,35	Prov [m ³ /ha]	336
A _t [ha]	7,695	A _t [ha]	7,695
t _p	0,4	t _p	0,4
I _c %	1,92	I _c %	1,04
V1	791,6466	V1	1044,964
V2	1979,116	V2	2612,409
Crediti Generati	2099	Crediti Generati	2771
Tot Crediti		Tot Crediti	
2099		2771	

Tab 19.2- Quantità di crediti generati dall'Usò Civico di Succiso nel caso di utilizzo del Piano d'Assestamento come baseline

Si può osservare come la quantità di crediti generati tramite l'utilizzo di dati diversi sia sensibilmente diversa: per Miscoso vi è una differenza di 638 Mg, mentre per Succiso vi è una differenza di 672 Mg. In entrambi i casi la quantità maggiore di crediti è quella generata tramite l'utilizzo dei piani di assestamento, a conferma di quanto detto in precedenza: i valori di provvigione ad ettaro più elevati presenti nei piani generano una quantità di crediti di carbonio di molto superiore rispetto alla quantità più corretta calcolata tramite i dati misurati in campo.

Si può inoltre notare come, tramite l'utilizzo di una baseline basata sul piano di assestamento, l'Usò Civico che genera più crediti di carbonio è quello di Miscoso (2412 totali contro i 2099 totali di Succiso), avendo un'estensione maggiore di area sottoposta ad interventi di utilizzazione forestale.

3.3.2.1 – DETERMINAZIONE DELLE PARTICELLE DELLE COMPRESSE PI ANCORA UTILIZZABILI

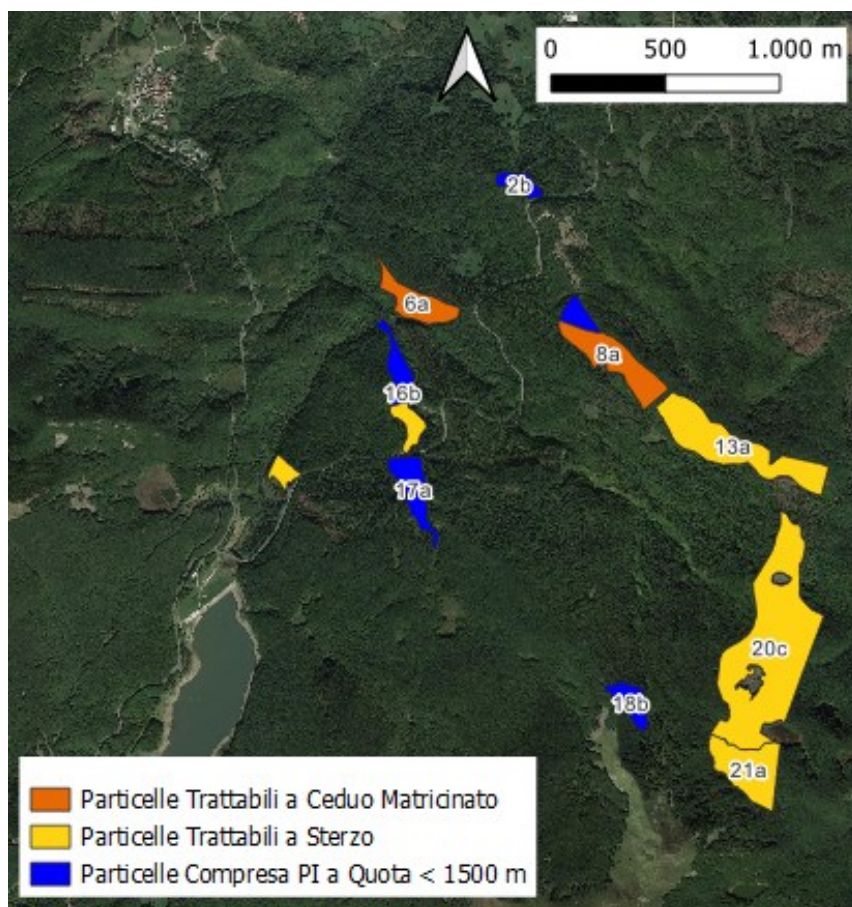


Immagine 21- Mappa delle particelle ancora utilizzabile ai sensi delle PMPF della Compresa PI dell'Uso Civico di Succiso. Le particelle della compresa PI evidenziate in blu sono invecchiate oltre i 70 anni

Particella	Anno di utilizzazione e possibile intervento di utilizzazione ai sensi delle PMPF	Sup. Boscata Utilizzabile [ha]
17a	Utilizzata tra 2011 e 2018 (Giovane)	0
2b	Nessuna evidenza di utilizzazione (Fuori turno)	0
18b	Nessuna evidenza di utilizzazione (Fuori turno)	0
8a	Parzialmente rada nel 1976, parzialmente utilizzata tra 2006 e 2008 (Ceduo Matricinato)	5,753
6a	Tagliata nel 1976 (Ceduo matricinato)	3,645
16b	Parzialmente con densità rada nel 1976 (Ceduazione a sterzo)	2,705
13a	Densità rada nel 1954 (Ceduazione a sterzo)	10,171
20c	Densità rada nel 1954 (Ceduazione a sterzo)	23,506

21a	Densità rada nel 1954 (Ceduazione a sterzo)	5,934
-----	---	-------

Tab 20- Estensione e tipo di intervento possibile nelle particelle della compresa PI dell'Uso Civico di Miscoso ancora utilizzabili

Di seguito viene presentata la tabella riassuntiva con i dati estensione massima delle tagliate e massimo tasso di prelievo per tipo di intervento. Questi saranno i dati utilizzati per il calcolo dei crediti di carbonio generati dalla Compresa PI utilizzando come baseline le PMPF.

Per la Compresa PI di Miscoso il piano d'assestamento non programma alcun intervento, perciò l'intera area qui indicata come ceduable (sia come ceduo a sterzo che come ceduo matricinato) concorrerà alla generazione di crediti.

Tipo di intervento	Area Massima utilizzabile (A_{max}) [ha]	Tasso di prelievo massimo (t_{max})
Ceduo a sterzo	42,317	0,5
Ceduo matricinato	9,398	0,8

Tab 21- Estensione massima delle tagliate e massimo tasso di prelievo per tipo di intervento nella Compresa PI dell'Uso Civico di Miscoso

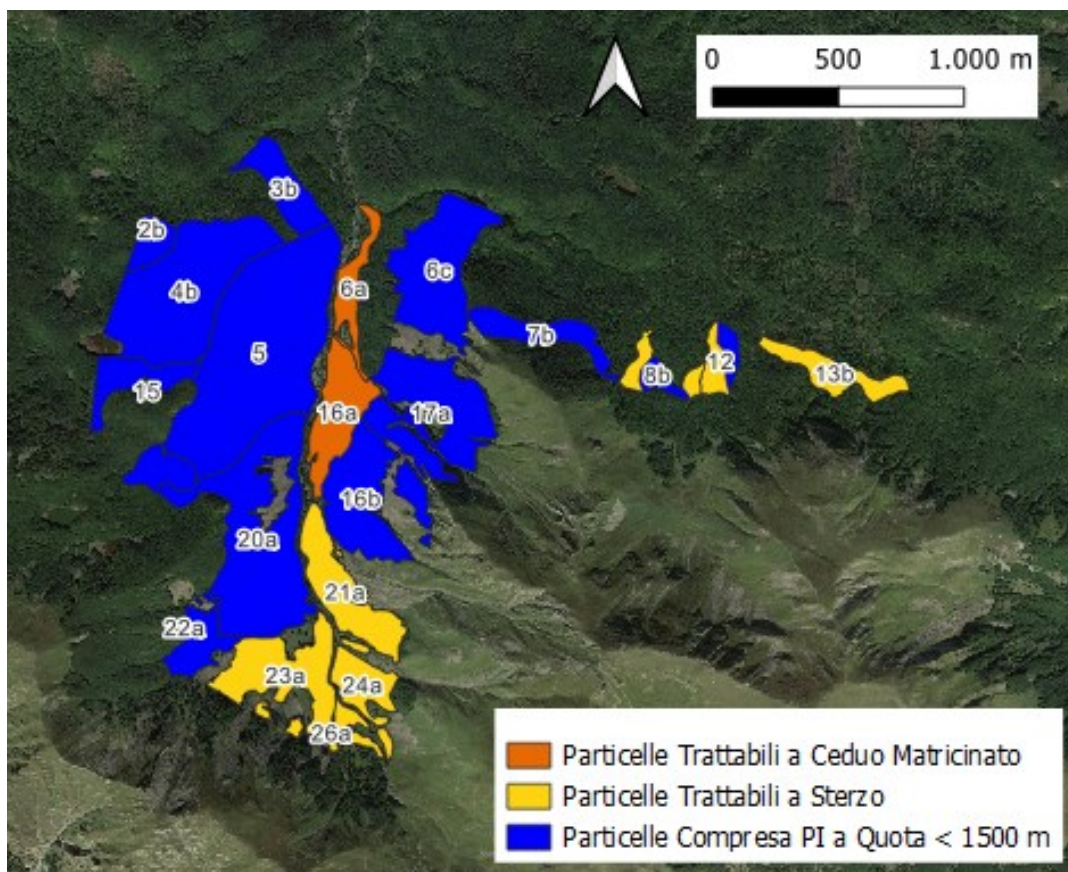


Immagine 22- Mappa delle particelle ancora utilizzabile ai sensi delle PMPF della Compresa PI dell'Uso Civico di Succiso. Le particelle della compresa PI evidenziate in blu sono invecchiate oltre i 70 anni

Particella	Anno di utilizzazione	Sup. Boscata Utilizzabile [ha]
2b	Nessuna evidenza di utilizzazione (Fuori turno)	0
3b	Nessuna evidenza di utilizzazione (Fuori turno)	0
4b	Nessuna evidenza di utilizzazione (Fuori turno)	0
5	Nessuna evidenza di utilizzazione (Fuori turno)	0
15	Nessuna evidenza di utilizzazione (Fuori turno)	0
20a	Nessuna evidenza di utilizzazione (Fuori turno)	0
22a	Nessuna evidenza di utilizzazione (Fuori turno)	0
16b	Nessuna evidenza di utilizzazione (Fuori turno)	0
17b	Nessuna evidenza di utilizzazione (Fuori turno)	0
6c	Nessuna evidenza di utilizzazione (Fuori turno)	0
7b	Nessuna evidenza di utilizzazione (Fuori turno)	0
14b	Nessuna evidenza di utilizzazione (Fuori turno)	0
10b	Nessuna evidenza di utilizzazione (Fuori turno)	0
6a	Copertura arborea assente nel 1976 (Ceduo matricinato)	3,149

16a	Copertura arborea assente nel 1976 (Ceduo matricinato)	7,737
8b	Parzialmente con densità rada nel 1954 (Ceduazione a sterzo)	2,083
12	Parzialmente con densità rada nel 1954 (Ceduazione a sterzo)	1,956
23a	Densità rada nel 1976 (Ceduazione a sterzo)	11,548
26a	Densità rada nel 1976 Ceduazione a sterzo)	1,442
24a	Densità rada nel 1976 (Ceduazione a sterzo)	5,149
21a	Densità rada nel 1976 (Ceduazione a sterzo)	8,379
13b	Densità rada nel 1954 (Ceduazione a sterzo)	4,746

Tab 22- Estensione e tipo di intervento possibile nelle particelle della compresa PI dell'Uso Civico di Succiso ancora utilizzabili

Di seguito viene presentata la tabella riassuntiva con i dati estensione massima delle tagliate e massimo tasso di prelievo per tipo di intervento. Questi saranno i dati utilizzati per il calcolo dei crediti di carbonio generati dalla Compresa PI utilizzando come baseline le PMPF.

Per la Compresa PI di Miscoso il piano d'asestamento non programma alcun intervento, perciò l'intera area qui indicata come ceduabile (sia come ceduo a sterzo che come ceduo matricinato) concorrerà alla generazione di crediti.

Tipo di intervento	Area Massima utilizzabile (A_{max}) [ha]	Tasso di prelievo massimo (t_{max})
Ceduo a sterzo	35,303	0,5
Ceduo matricinato	10,886	0,8

Tab 23- Estensione massima delle tagliate e massimo tasso di prelievo per tipo di intervento nella Compresa PI dell'Uso Civico di Miscoso

3.3.2.2 – CALCOLO DEI CREDITI DI CARBONIO CON BASELINE PIANO DI ASSESTAMENTO

Miscoso			
Dati da misurazioni in campo		Dati provenienti da PdA	
Compresa CP			
Prov [m ³ /ha]	146,31	Prov [m ³ /ha]	207,37
A _{max} [ha]	56,34	A _{max} [ha]	56,34
t _{max}	0,8	t _{max}	0,8
A _t [ha]	9,538	A _t [ha]	9,538
t _p	0,5	t _p	0,5
I _c %	3,25	I _c %	1,93
V1	6808,8	V1	9527,0
V2	7790,6	V2	10900,7
Crediti Generati	1735	Crediti Generati	2428
Compresa FT			
Prov [m ³ /ha]	240,32	Prov [m ³ /ha]	270,19
A _{max} [ha]	81,38	A _{max} [ha]	81,38
t _{max}	0,4	t _{max}	0,4
A _t [ha]	4,36	A _t [ha]	4,36
t _p	0,4	t _p	0,4
I _c %	2,42	I _c %	1,48
V1	8012,2	V1	8925,4
V2	19601,3	V2	21835,3
Crediti Generati	20486	Crediti Generati	22821
Compresa PI			
Prov [m ³ /ha]	260,82	Prov [m ³ /ha]	220
A _{max} Ceduabile a Sterzo [ha]	42,317	A _{max} Ceduabile a Sterzo [ha]	42,317
t _{max} Ceduo a Sterzo	0,5	t _{max} Ceduo a Sterzo	0,5
A _{max} Ceduabile con Matricine [ha]	9,398	A _{max} Ceduabile con Matricine [ha]	9,398
t _{max} Ceduo Matricinato	0,8	t _{max} Ceduo Matricinato	0,8
A _t [ha]	0	A _t [ha]	0
t _p	0	t _p	0
I _c %	1,94	I _c %	1,6
V1	7624,6	V1	6409,9
V2	13750,0	V2	11559,3
Crediti Generati	10828	Crediti Generati	9103
Tot Crediti		Tot Crediti	
33049		34351	

Tab 24.1- Quantità di crediti generati dall'Usò Civico di Miscoso nel caso di utilizzo delle PMPF come baseline

Succiso			
Dati da misurazioni in campo		Dati provenienti da PdA	
Compresa FT			
Prov [m ³ /ha]	252,35	Prov [m ³ /ha]	336
A _{max} [ha]	113,97	A _{max} [ha]	113,97
t _{max}	0,4	t _{max}	0,4
A _t [ha]	7,695	A _t [ha]	7,695
t _p	0,4	t _p	0,4
I _c %	1,92	I _c %	1,04
V1	11725,0	V1	15476,9
V2	28520,9	V2	37647,2
Crediti Generati	29690	Crediti Generati	39190,02
Compresa PI			
Prov [m ³ /ha]	251,19	Prov [m ³ /ha]	355
A _{max} Ceduabile a Sterzo [ha]	35,303	A _{max} Ceduabile a Sterzo [ha]	35,303
t _{max} Ceduo a Sterzo	0,5	t _{max} Ceduo a Sterzo	0,5
A _{max} Ceduabile con Matricine [ha]	10,886	A _{max} Ceduabile con Matricine [ha]	10,886
t _{max} Ceduo Matricinato	0,8	t _{max} Ceduo Matricinato	0,8
A _t [ha]	0	A _t [ha]	0
t _p	0	t _p	0
I _c %	1,58	I _c %	0,99
V1	6726,1	V1	9450,5
V2	11785,5	V2	16559,4
Crediti Generati	8944	Crediti Generati	12566,2
Tot Crediti		Tot Crediti	
38633		51756	

Tab 24.2- Quantità di crediti generati dall'Usò Civico di Succiso nel caso di utilizzo delle PMPF come baseline

Si può osservare come anche in questo caso la quantità di crediti generati tramite l'utilizzo di dati diversi differisca sensibilmente: per Miscoso vi è una sovrastima di 1302 Mg utilizzando i dati provenienti dal piano d'assestamento, ovvero un aumento del 3,94% del valore reale di 33049 Mg; per Succiso l'errore di sovrastima raggiunge

invece proporzioni molto più rilevanti, difatti l'utilizzo dei dati di provvigione provenienti dal piano d'assestamento provoca una sovrastima della quantità di crediti generati di 13123 Mg, ovvero un aumento del 40% rispetto al valore reale di 38633 Mg.

Si può inoltre notare come, tramite l'utilizzo di una baseline basata sulle PMPF, l'Uso Civico che genera più crediti di carbonio è quello di Succiso (38633 Mg totali contro i 33049 Mg totali di Miscoso), situazione opposta rispetto all'utilizzo di una baseline basata sui piani d'assestamento in cui è Miscoso a generare più crediti.

3.3.3 – CONFRONTO DELLA QUANTITA' DI CREDITI DI CARBONIO GENERATI DALLE DUE BASELINE

Si riporta infine una tabella riassuntiva di confronto tra la quantità di crediti generati dall'utilizzo delle due baseline e dei dati di diversa provenienza.

Baseline Piano d'assestamento		
Uso Civico	Crediti generati	
	Dati da Misurazioni in campo	Dati da piano d'assestamento
Miscoso	2412	3050
Succiso	2099	2771
	Totale	
	4511	5821
Baseline Prescrizioni di Massima e Polizia Forestale		
Uso Civico	Crediti generati	
	Dati da Misurazioni in campo	Dati da piano d'assestamento
Miscoso	33049	34351
Succiso	38633	51756
	Totale	
	71682	86107

Tab 25- Ammontare totale di crediti generati dai due Usi Civici, a fronte dell'utilizzo delle due baseline e dei dati di diversa provenienza

Dal confronto delle quantità totali di crediti generate considerando le due diverse baseline risulta evidente un deciso aumento dei crediti prodotti tramite l'utilizzo delle PMPF come baseline: la quantità totale di crediti risulta di circa 16 volte maggiore, rispetto al caso in cui si utilizzi il piano d'assestamento come baseline, considerando i calcoli effettuati mediante i dati rilevati in campo. La situazione è più o meno la stessa se si considerano i crediti generati con l'utilizzo dei dati provenienti dai piani d'assestamento, in questo caso la baseline PMPF genera circa 15 volte più crediti di carbonio.

Non è troppo differente anche l'errore percentuale presente tra i due metodi di calcolo confrontando i valori ottenuti mediante l'uso di dati diversi: i dati provenienti dai piani d'assestamento producono una sovrastima del 29% rispetto al valore calcolato tramite i dati provenienti dalle misure in campo nel caso della baseline piano d'assestamento; un errore del 20% nel caso della baseline PMPF.

CAPITOLO 4- CONCLUSIONI

Al termine delle attività di rilievo in campo ed elaborazione dei dati di provvigione ed incremento e una volta effettuato il confronto dei vari risultati del calcolo dei crediti di carbonio ottenuti utilizzando dati di diversa provenienza e applicando le due diverse baseline, è possibile fornire una risposta alle questioni su cui questo lavoro voleva fare chiarezza.

È stato possibile individuare un errore significativo nella quantità di crediti generata a fronte dell'utilizzo di dati misurati in campo tramite un campionamento speditivo rispetto all'utilizzo dei dati riportati nei piani d'assestamento. Si è dimostrato che i valori di provvigione ad ettaro e incremento corrente riportati nei piani d'assestamento di entrambe le proprietà non sono precisi rispetto ai valori stimati tramite le misure in campo, e che, il loro utilizzo all'interno del procedimento del calcolo dei crediti di carbonio, porta ad una sovrastima delle tonnellate di CO₂ stoccata.

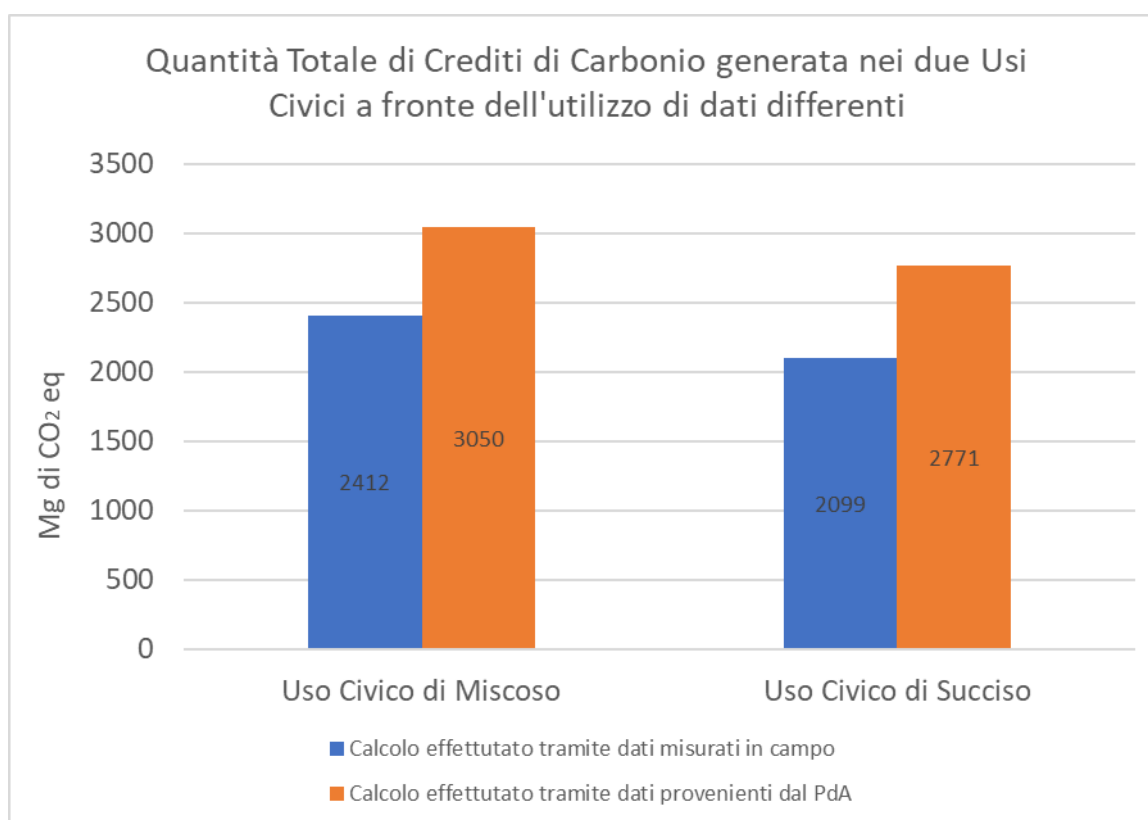


Immagine 23- Grafico di confronto della quantità totale di crediti di carbonio generata nei due Usi Civici a fronte dell'utilizzo di dati di diversa provenienza.

Come evidenziato dal grafico di immagine 23 la sovrastima della quantità di crediti di carbonio ammonta a: 638 Mg di carbonio equivalente nell'Uso Civico di Miscoso (un aumento del 26 % rispetto alla quantità correttamente stimata); 672 Mg di carbonio

equivalente nell'Usa Civico di Succiso (un aumento del 32 % rispetto alla quantità correttamente stimata).

L'utilizzo dei dati dendrometrici provenienti dai Piani d'Assestamento dei due Usi Civici conduce ad una sovrastima della quantità di crediti di carbonio generata di circa il 30%.

Si è anche dimostrato come l'applicazione delle due diverse baseline, una riferita al piano d'assestamento e l'altra riferita alle PMPF, porti a sensibili variazioni nella quantità di crediti di carbonio generati.

Vi è una grande differenza nel totale dei crediti prodotti, difatti utilizzando come baseline le PMPF si producono, in entrambi gli Usi Civici, circa 15-16 volte la quantità generata dalla baseline piano d'assestamento.

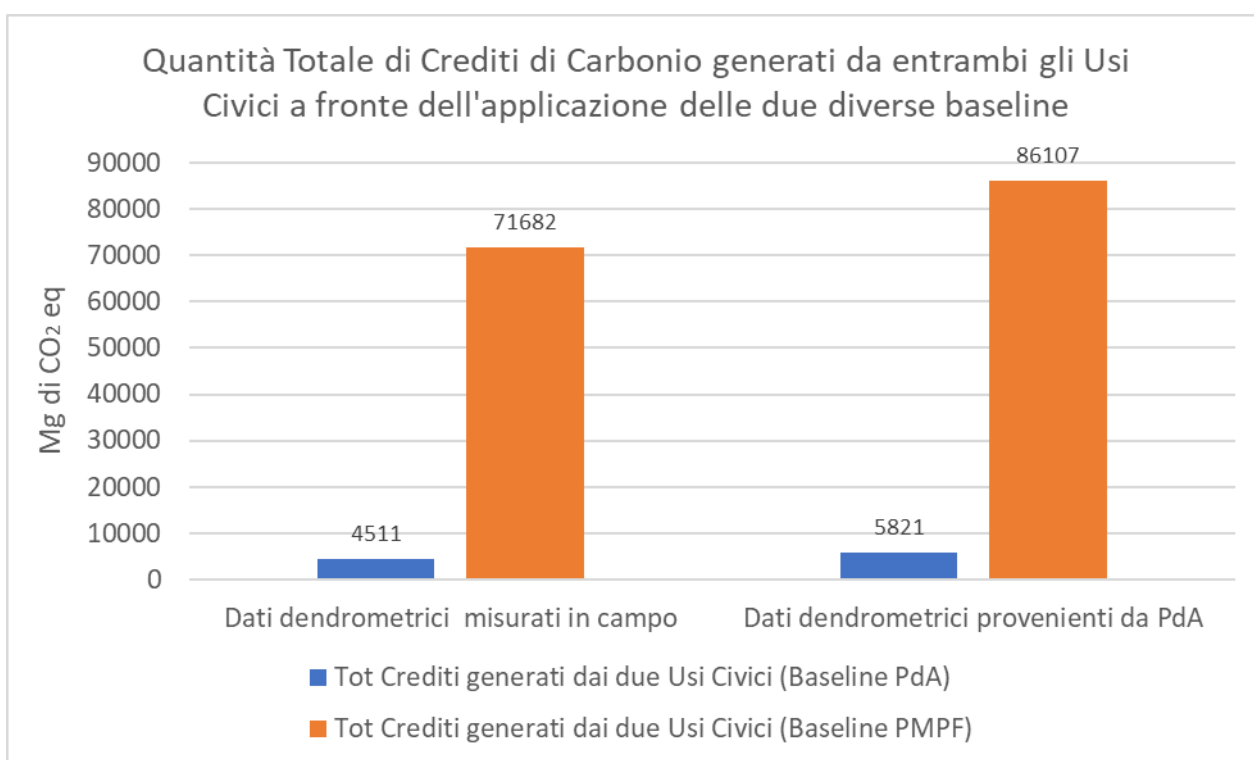


Immagine 24- Grafico di confronto della quantità totale di crediti di carbonio generata da entrambi Usi Civici a fronte dell'applicazione delle due diverse baseline.

Ciò che emerge dal confronto della quantità di CO₂ equivalente generata dalle due diverse baseline, oltre al suo deciso aumento, è la diminuzione dell'errore di sovrastima relativo dovuto all'utilizzo di dati di diversa provenienza: come evidenziato dall'immagine 23, utilizzando come baseline i PdA l'errore nella quantità di crediti generati corrisponde ad un aumento di circa il 30% quando vengono utilizzati i dati provenienti dai Piani d'Assestamento. Nel caso dell'applicazione della baseline PMPF è presente lo stesso tipo di errore, ovvero una sovrastima dei crediti generati quando si

utilizzano i dati provenienti dai Piani, ma in questo caso esso corrisponde ad un aumento inferiore, ovvero del 17%.

Si manifesta inoltre un'inversione della quantità massima di crediti prodotti dai due usi civici: l'Uso Civico di Miscoso (più interventista), rispetto all'Uso Civico di Succiso (più conservativo), genera più crediti nello scenario che riferisce la baseline ai PdA, ma meno crediti nello scenario che riferisce la baseline alle PMPF.

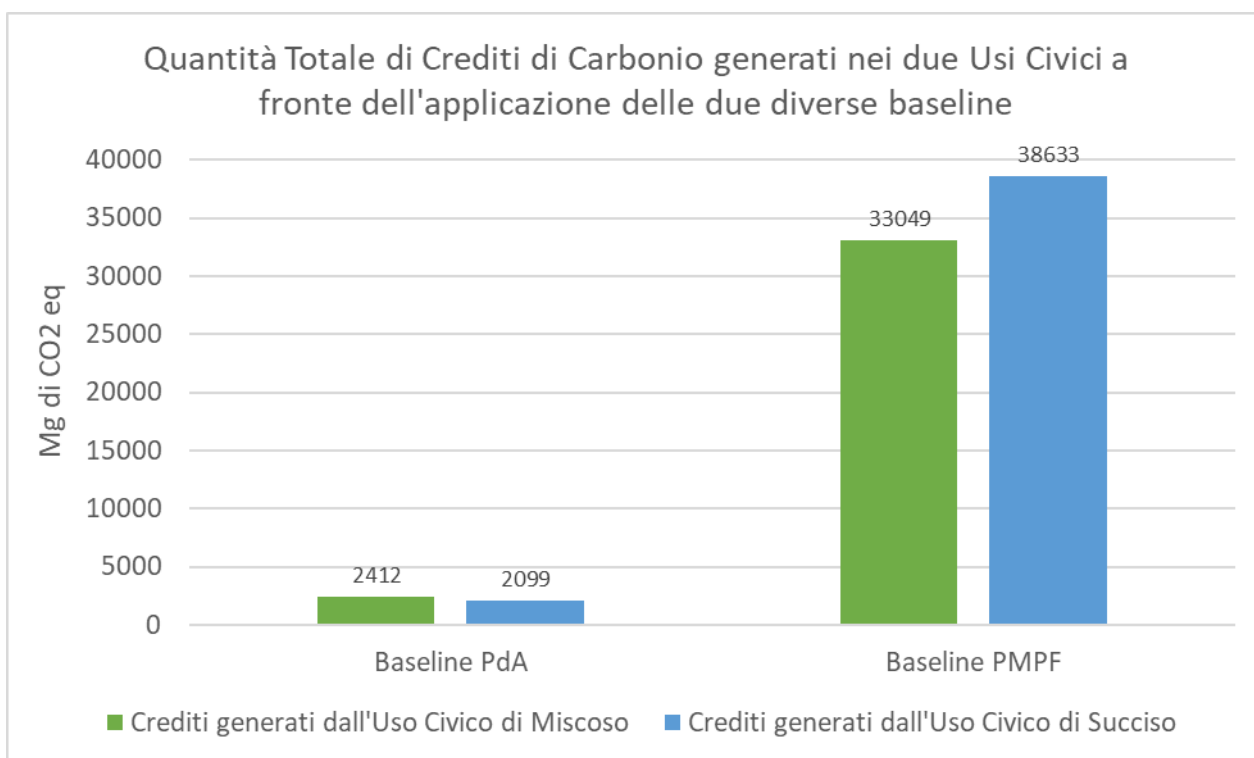


Immagine 25- Grafico di confronto della quantità totale di crediti di carbonio generata dai due Usi Civici a fronte dell'applicazione delle due diverse baseline.

Da quest'immagine si può notare l'inversione nella proprietà che genera una quantità maggiore di crediti rispetto all'altra: in questo caso studio una baseline riferita ai Piani d'Assestamento produce una quantità più alta di crediti di carbonio in una proprietà più interventista, mentre una baseline riferita alle Prescrizioni di Massima e Polizia Forestale permette ad una proprietà con una gestione forestale più conservativa di produrre una quantità maggiore di crediti di carbonio.

Tuttavia l'applicazione dei due diversi scenari non è di uguale semplicità: se per la Baseline PdA risulta facile applicare il principio di addizionalità poiché le informazioni presenti nei Piani di Assestamento sono sufficienti al fine di non avere dubbi sul tipo di intervento di utilizzazione e la sua intensità con cui si debbano generare i crediti di carbonio (vedi sottocapitolo 2.5.1), questo non è altrettanto valido per la Baseline PMPF.

La realizzazione dello scenario in cui si utilizza questa baseline manifesta delle criticità, poiché risulta più difficile determinare quali siano tutti gli interventi di taglio possibili ai sensi di legge su cui poi applicare il principio di addizionalità.

In particolare, si è rivelato complicato il procedimento di determinazione dell'età del bosco al fine di distinguere le particelle di ceduo invecchiato nelle comprese di Protezione, a causa della mancanza di dati e della loro difficile interpretabilità (vedi sottocapitolo 2.5.2.1.1). Le ortofoto disponibili per gli anni precedenti il 1993 sono solo tre: 1983, 1976 e 1954. È dunque difficile valutare con precisione l'età di un bosco avendo a disposizione delle ortofoto scattate ad un tale intervallo di tempo poiché è possibile che in un intervallo di 10-20 anni sia avvenuta un'utilizzazione e che al momento dello scatto dell'ortofoto successiva la struttura del bosco si fosse già chiusa rendendo impossibile valutare ad oggi la presenza o meno di tale intervento negli anni passati.

È inoltre difficile interpretare, dalle ortofoto del 1976 e 1954, quale fosse la forma di trattamento del ceduo, da cui dipende l'intensità dell'intervento ad oggi potenzialmente effettuabile.

Al fine di ottenere un calcolo preciso in uno scenario che utilizzi come Baseline le PMPF è quindi consigliabile utilizzare un altro metodo per la determinazione dell'età delle particelle invecchiate, poiché tramite l'interpretazione delle ortofoto risulta complicato arrivare ad un risultato sufficientemente certo.

Delle ulteriori analisi in campo sulla reale età dei popolamenti dovrebbero essere condotte per poter ottenere dei dati più precisi e rigorosi dell'età delle particelle di ceduo invecchiato e sulla sua passata forma di gestione e trattamento.

BIBLIOGRAFIA

Badgley G, Freeman J, Hamman JJ, Haya B, Trugman, AT, Anderegg WRL, Cullenward D (2022) Systematic over-crediting in California's forest carbon offsets program. *Global Change Biology*, 28: 1433–1445

Balmford A et al. (2023) Credit credibility threatens forests. *Science*, 380 (6644): 466-467

Böhringer C (2003) The Kyoto protocol: a review and perspectives. *Oxford review of economic policy*, 19 (3): 451- 466

Brotto L & Pettenella D (2010) Progetti REDD+: nuove frontiere e vecchie barriere nel mercato forestale del carbonio. Available via DIALOG.

<https://agrireregionieuropa.univpm.it/it/content/article/31/21/progetti-redd-nuove-frontiere-e-vecchie-barriere-nel-mercato-forestale-del?qt-eventi=2>

Ciccarese L, Elsasser P, Horattas A, Pettenella D, Valatin G (2011) Innovative Market Opportunities Related to Carbon Sequestration in European Forests. In: Weiss G, Pettenella D, Ollonqvist P, Slee B (eds) *Innovation in Forestry: Territorial and Value Chain Relationships*. CAB International, pp 131-148

Griscom B, Shoch D, Stanley B, Cortez R, Virgilio N (2009) Sensitivity of amounts and distribution of tropical forest carbon credits depending on baseline rules. *Environmental science & policy*, 12: 897 – 911

Kreibich N & Hermwille L (2021) Caught in between: credibility and feasibility of the voluntary carbon market post-2020. *Climate Policy*, 21 (7): 939-957 – DOI:10.1080/14693062.2021.1948384

Kollmuss A, Zink H, Polycarp C (2008) Making Sense of the Voluntary Carbon Market: A Comparison of Carbon Offset Standards. WWF Germany: 2-6

Matteucci G. & Scarascia, M.G. (2007) Ecosistemi forestali e mitigazione dei cambiamenti ambientali: Sequestro di carbonio in foreste italiane. *Clima E Cambiamenti Climatici: Le Attività Di Ricerca Del CNR*: 709-712

Sankar G. (2020) Supply and demand evolution in the voluntary carbon credit market. *Kleinman Centre for Energy Policy*: 14

Vacchiano G, Berretti R, Romano R, Motta R (2018) Voluntary carbon credits from improved forest management: policy guidelines and case study. *IForest*, 11: 1-10 – DOI: 10.3832/ifor2431-010 [online 2018-01-09]

(1) FSC-PRO-30-006 V1-2 IT (2021) Procedura sui Servizi Ecosistemici: Dimostrazione degli impatti e strumenti di mercato: 9

(2) PEFC ITA 1001-SE:2021 Ver.0.4 (2022) Standard di certificazione dei Servizi Ecosistemici generati da boschi e piantagioni gestiti in maniera sostenibile: 2

- (3) PEFC ITA 1001-SE:2021 Ver.0.4 (2022) Standard di certificazione dei Servizi Ecosistemici generati da boschi e piantagioni gestiti in maniera sostenibile: 1
- (4) Eggleston, H S, Buendia, L, Miwa, K, Ngara, T, and Tanabe, K. (2006) 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Japan: N. p. Web: 2.12
- (5) Eggleston, H S, Buendia, L, Miwa, K, Ngara, T, and Tanabe, K. (2006) 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Japan: N. p. Web: 2.13
- (6) PEFC ITA 1001-SE:2021 Ver.0.4 (2022) Standard di certificazione dei Servizi Ecosistemici generati da boschi e piantagioni gestiti in maniera sostenibile: 31-32

SITOGRAFIA

- (1) Ecosystem Marketplace (2021) Voluntary Carbon Markets Top \$1 Billion in 2021 with Newly Reported Trades, a Special Ecosystem Marketplace COP26 Bulletin. <https://www.ecosystemmarketplace.com/articles/voluntary-carbon-markets-top-1-billion-in-2021-with-newly-reported-trades-special-ecosystem-marketplace-cop26-bulletin/>
- (2) Guida alla Partecipazione a Carbomark (2011) <https://www.regione.veneto.it/static/www/agricolturae/foreste/GuidaalMercatoCarbomark.pdf>
- (3) Inventario Forestale Nazionale INFC2015, L'inventario forestale in mappe. <http://crea.g3wsuite.it/it/map/gestione-e-produzione/qdjango/42/>
- (4) Regolamento Forestale Regione Emilia-Romagna. <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/parchi-natura2000/foreste/pianificazione-forestale/pmpf>
- (5) Geoportale della Regione Emilia-Romagna. <https://geoportale.regione.emilia-romagna.it/download/download-data?type=raster>
- (6) Portale Ambiente della Regione Emilia-Romagna, sezione Geologia. <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/cartografia/webgis-banchedati/cartografia-dissesto-idrogeologico>
- (7) Consultazione ortofoto Regione Emilia-Romagna. <https://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaApp/apps/CORERH5/index.html>
- (8) Portale Ambiente Regione Emilia-Romagna, Tavole Dendrometriche Regionali. <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/parchi-natura2000/foreste/quadro-conoscitivo/inventari-e-carte-forestali/tavole-dendrometriche-regionali>
- (9) Consultazione Foto Aeree del volo IGMI GAI 1954-1955 Regione Emilia-Romagna.

<https://geoportale.regione.emilia-romagna.it/applicazioni-gis/regione-emilia-romagna/cartografia-di-base/cartografia-storica/foto-aeree-del-volo-igmi-gai-1954-1955>

