



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

# Emissione di gas-serra e interventi compensativi nel settore forestale: un'applicazione ai boschi del comune di Acerno (Sa)



RAPPORTI



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

# **Emissione di gas-serra e interventi compensativi nel settore forestale: un'applicazione ai boschi del comune di Acerno (Sa)**

---

---

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), le Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente (ARPA), le Agenzie Provinciali per la Protezione dell'Ambiente (APPA) e le persone che agiscono per loro conto sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo rapporto.

**ISPRA** - L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale  
Via Vitaliano Brancati, 48 – 00144 Roma  
[www.isprambiente.it](http://www.isprambiente.it)

ISPRA, Rapporti 146/2011  
ISBN 978-88-448-0513-5

Riproduzione autorizzata citando la fonte

**Elaborazione grafica**  
ISPRA

*Grafica di copertina:* Franco Iozzoli  
*Foto di copertina:* Paolo Orlandi

**Coordinamento editoriale:**  
Daria Mazzella  
**ISPRA** – Settore Editoria

*Settembre 2011*

---

## **Autori**

Lorenzo Ciccarese, coordinamento generale (ISPRA)  
Carmela Cascone (ISPRA), Salvatore Cipollaro (ISPRA) Valeria Giovannelli (ISPRA) e Roberto Crosti (c/o ISPRA).

**Referee:** Silvia Stefanelli, Direzione Generale Risorse Agricole Naturali e Forestali, Regione Friuli Venezia Giulia

**Citazione:** Ciccarese L., Cascone C., Cipollaro S., Giovannelli V. & Crosti R. (2011). *Emissioni di gas-serra e interventi compensativi nel settore forestale. Un'applicazione ai boschi del Comune di Acerno (SA)*. ISPRA Rapporti 146/2011, Roma. 47 p.

---

## Indice

<b>Prefazione</b> .....	6
<b>1. Introduzione</b> .....	7
<b>2. Le attività LULUCF per il periodo 2008-2012</b> .....	9
2.1. Le metodologie di contabilizzazione.....	11
2.2. Differenze tra progetti energetici e LULUCF .....	11
<b>3. Le Direttive Emissions Trading e Linking e il mercato dei crediti di carbonio</b> .....	13
<b>4. Il mercato volontario</b> .....	14
<b>5. Le contabilizzazione delle emissioni e degli assorbimenti dei gas-serra nel settore agricolo e forestale</b> .....	17
<b>6. Le metodologie dell'IPCC</b> .....	19
6.1. Le specificità delle attività territoriali nell'inventario dei gas-serra .....	19
6.2. I due metodi di stima delle 2006 IPCC Guidelines .....	21
6.3. Il modello "CO2 fix" .....	21
<b>7. Inquadramento stazionario</b> .....	23
7.1. Dati statistici.....	23
7.2. Il modello di valutazione e le assunzioni per la stima.....	24
<b>8. I risultati delle elaborazioni</b> .....	26
<b>9. Valutazioni economiche</b> .....	27
<b>10. Conclusioni</b> .....	28
<b>11. Bibliografia</b> .....	31
<b>12. Elenco delle abbreviazioni</b> .....	35
<b>13. Glossario</b> .....	36

---

## Prefazione

Le foreste hanno un ruolo esclusivo nelle strategie di lotta all'effetto serra che deriva dalla capacità delle piante arboree, arbustive ed erbacee di assorbire CO<sub>2</sub> e fissarla per periodi più o meno lunghi nella biomassa viva e morta e nel suolo, di produrre biomassa in sostituzione di fonti fossili di energia e di materiali *energy-intensive*, quali acciaio e cemento.

Il Protocollo di Kyoto, l'accordo internazionale che impone ai Paesi industrializzati di ridurre nel quinquennio 2008-2012 le emissioni complessive del 5,2% rispetto a quelle del 1990, ha riconosciuto il servizio di fissazione del carbonio da parte delle foreste. Infatti, i Paesi possono inserire negli inventari nazionali i bilanci positivi tra assorbimenti di CO<sub>2</sub> ed emissioni di CO<sub>2</sub> e altri gas-serra legati a una serie di attività selvicolturali e in questo modo compensare parte delle emissioni nazionali di gas-serra prodotte da altri settori produttivi. Tra le attività selvicolturali figurano la creazione di nuovi boschi, il miglioramento dei boschi esistenti, gli investimenti di prevenzione dei fenomeni di disboscamento, danneggiamento e degradazione delle foreste esistenti e la realizzazione di impianti per la produzione di biomasse a uso energetico, con effetti sostitutivi nell'impiego di combustibili convenzionali. L'Italia, da queste attività, conta di far fruttare almeno 10,2 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> l'anno nel quinquennio 2008-2012 del Protocollo di Kyoto.

La capacità fissativa delle foreste, se da un lato rafforza la percezione della funzione sociale, dall'altro sollecita il settore agro-forestale ad adottare pratiche anti-CO<sub>2</sub> e, contestualmente, avanzare proposte per 'internalizzare' il servizio ecosistemico di mitigazione, ma anche di adattamento, alla crisi climatica. In pratica, in base al principio "*polluter pays, provider gets*", i proprietari forestali, pubblici o privati, possono essere remunerati per il servizio ecosistemico che le loro foreste offrono alla collettività? Quali opportunità si presentano ai proprietari dal mercato ufficiale e da quello volontario dei crediti di carbonio?

Il presente rapporto, risultato finale della Convenzione tra il Comune di Acerno e ISPRA - Dipartimento Difesa della Natura, intende rispondere a queste domande, offrendo in primo luogo alcune indicazioni ai decisori politici comunali sulle opportunità legate alla capacità di fissazione del carbonio da parte delle loro foreste, sempre sotto il vincolo del mantenimento della stabilità e perpetuità dell'ecosistema forestale. In secondo luogo, dopo aver utilizzato un modello complesso di stima dei flussi di carbonio tra l'atmosfera e le diverse tipologie di popolamenti arborei dell'area in esame, per apprezzare in che misura le modifiche nelle scelte gestionali possano interferire sul contenuto di CO<sub>2</sub> dell'atmosfera, si è cercato di valutare la convenienza economica delle diverse ipotesi gestionali in presenza di un mercato delle quote delle emissioni e di evidenziare il *trade-off* tra funzioni di produzione di legname e di fissazione di carbonio.

Nondimeno, nelle intenzioni degli autori del rapporto vi è l'idea che l'approccio e la metodologia usati possano essere estesi alle tante altre realtà forestali del territorio italiano che si trovano di fronte alla scelta di valorizzare la funzione fissativa di carbonio delle foreste o viceversa quella di produzione legnosa, non legnosa o di altri servizi ecosistemici. Per questa ragione ritengo che questo lavoro risponda a due dei principali compiti istituzionali di questo Istituto: assistenza tecnica e consulenza strategica alle amministrazioni pubbliche, nel quadro della cooperazione interistituzionale tra amministrazioni centrali, regionali e locali in materia ambientale e funzione d'informazione e formazione.

Emi Morroni  
Direttore del Dipartimento Difesa della Natura, ISPRA

---

## 1. Introduzione

Il Quarto Rapporto di Valutazione dell'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2007a) e una serie numerosa di studi successivi a esso concludono che le attività antropiche, e in modo particolare la combustione delle fonti fossili di energia e la trasformazione di uso del suolo, sono inequivocabilmente alla base dell'aumento della concentrazione in atmosfera di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) e di altri gas-serra<sup>(1)</sup>, tra cui metano (CH<sub>4</sub>) e protossido di azoto (N<sub>2</sub>O) e del conseguente riscaldamento globale.

Gli ecosistemi e, in modo particolare, le foreste giocano un ruolo fondamentale in questi processi, sia nel ruolo attivo di emettitore (da cui la necessità di politiche di mitigazione) di gas-serra, sia in quello passivo per le trasformazioni che il cambiamento climatico induce nella disponibilità, distribuzione e stabilità dei fattori produttivi e quindi nei prodotti e nei servizi offerti (da cui la necessità di politiche di adattamento).

Innanzitutto, le foreste stivano grandi quantità di carbonio nella biomassa viva e morta e nel suolo. Esse rappresentano il bioma terrestre con la più alta densità di carbonio, da poche decine di tonnellate (t) di carbonio (C) a ettaro (ha) fino a qualche centinaio di tC/ha delle foreste pluviali tropicali. Le foreste si estendono attualmente su quasi 4 miliardi di ha, circa il 31% delle terre emerse del pianeta (FAO, 2010). Ne consegue che le foreste stivano enormi masse di carbonio: oltre 1.100 miliardi (G) di tC nei diversi compartimenti (biomassa, lettiera e suolo), circa il 75% del carbonio vivente della vegetazione (Houghton, 2005) e approssimativamente il 39% del carbonio dei suoli (Lindner e Karjalainen, 2007).

In secondo luogo, le foreste scambiano grandi masse di carbonio con l'atmosfera. Le piante, attraverso la fotosintesi clorofilliana, assorbono CO<sub>2</sub> dall'atmosfera, liberano ossigeno e parte della CO<sub>2</sub> attraverso la respirazione, e sequestrano una parte della CO<sub>2</sub> nella biomassa epigea e ipogea. Un'ulteriore quota di CO<sub>2</sub> e altri gas-serra possono essere rilasciati attraverso la respirazione del suolo e i vari tipi di disturbo cui sono soggette (incendi, uragani, attacchi di patogeni e parassiti, pascolo, prelievi legnosi e interventi selvicolturali).

Si dice che le foreste agiscono come *carbon sink* quando il bilancio netto tra CO<sub>2</sub> assorbita ed emessa in atmosfera è positivo: ciò avviene durante le fasi normali di crescita o a maggior ragione dopo una perturbazione (taglio, incendio, ecc.); inversamente, le foreste divengono *carbon source*, cioè fonte di CO<sub>2</sub> e altri gas-serra (metano, ossido carbonio e ossidi di azoto) quando la respirazione e l'ossidazione totale delle piante, del suolo e del materiale organico eccedono la produttività primaria netta (per esempio nel caso dei processi di deforestazione e degradazione forestale, prelievi di legna da opera e da ardere e mortalità delle piante).

Il settore forestale può dunque offrire validi strumenti di mitigazione, sia sul lato della riduzione delle fonti di emissione di gas-serra, sia sul lato degli aumenti degli *stock* di carbonio (Nabuurs et al., 2007). Essi possono essere raggruppati in tre categorie:

- tutela delle superfici forestali e loro espansione, attraverso il contenimento della deforestazione e la realizzazione di nuove foreste (afforestazione e riforestazione);
- mantenimento o aumento della densità a scala stazionale della biomassa (e del carbonio), attraverso l'allungamento dei turni forestali, la difesa antincendio, gli interventi di contenimento dei danni biotici (insetti, patogeni, ecc.) e abiotici (agenti meteo-climatici, ecc.), rinfittimenti, conversione della forma di governo;

---

(1) Secondo la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, [www.co2now.org](http://www.co2now.org)), la concentrazione media della CO<sub>2</sub> atmosferica nel 2010 ha raggiunto 389,8 parti per milione (ppm), 2,4 ppm in più rispetto a quella del 2009. Nel corso del decennio 2001-2010 si è registrato un incremento medio di circa 2,0 ppm l'anno. L'attuale valore supera del 23% il livello misurato nel 1958 e del 40% quello misurato nel 1750, all'inizio dell'era industriale. Da allora, un uso massiccio e un aumento incessante delle fonti fossili d'energia e la continua distruzione e degradazione degli habitat naturali hanno liberato in atmosfera enormi quantità di CO<sub>2</sub> prima fissata nei giacimenti geologici e negli ecosistemi vegetali. A scala globale, negli ultimi dieci anni, le emissioni di CO<sub>2</sub> e di altri gas ad effetto serra legate alla combustione delle fonti fossili di energia sono cresciute al ritmo di circa 0,9 miliardi di tonnellate (Gt) di anidride carbonica equivalente (CO<sub>2</sub> eq) l'anno, fino a raggiungere—secondo uno studio di quest'anno dell'*International Energy Agency*—30,6 GtCO<sub>2</sub> eq nel 2010.

---

• produzione di materiali ad accumulo di carbonio (prodotti con lunghi cicli di vita, quali travi, infissi, pavimenti e mobili) o con effetti sostitutivi delle fonti fossili d'energia e a base di materiali ad alta intensità energetica.

Per dare un'idea del potenziale delle attività forestali sopra menzionate alle politiche di stabilizzazione climatica è opportuno citare le conclusioni dell'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2007c): a scala globale, al 2030, considerando uno scenario di politiche di stabilizzazione climatica con prezzi di 100 US\$ per tCO<sub>2</sub> eq, le opzioni offerte dalle foreste (conservazione delle foreste esistenti e incremento della superficie forestale; aumento della densità di carbonio per unità di superficie; aumento degli *stock* di carbonio nei prodotti legnosi; sviluppo dell'effetto sostitutivo della legna a fini energetici rispetto ai combustibili fossili e ad altri materiali) possono contribuire a compensare le emissioni per 3.140 Mt CO<sub>2</sub> eq l'anno. (IPCC, 2007c, Vol. III, capitolo 9). Sempre l'IPCC (2007c) stima che in Europa il *sink* «attuabile» dalle opzioni forestali, da qui al 2040, sia compreso tra 90 e 180 MtCO<sub>2</sub> l'anno.

L'*United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC, [www.unfccc.int](http://www.unfccc.int)) riconosce questo importante ruolo delle foreste e, all'interno delle azioni per risolvere il continuo aumento dei gas-serra in atmosfera e mitigarne gli effetti avversi, invita i Paesi ad adottare misure per proteggere e accrescere gli ecosistemi vegetali, tra cui le foreste, che agiscono come *stock* e *sink* di carbonio.

Il Protocollo di Kyoto, di cui si dirà più in dettaglio nei capitoli successivi, prevede l'impegno per i Paesi industrializzati e per quelli con economia in transizione (elencati nell'Annesso I dello stesso Protocollo) di ridurre nel periodo 2008-2012 le emissioni complessive di gas-serra del 5,2% rispetto a quelle del 1990 (anno base di riferimento), contempla la possibilità di fare ricorso a una serie di attività territoriali (nel gergo *Land Use, Land-Use Change and Forestry*, LULUCF) e più specificatamente forestali come meccanismo valido per raggiungere gli obiettivi di riduzione o contenimento delle emissioni nazionali di gas-serra (Schlamadinger et al., 2007).

Di fatto, sulla base delle restrizioni e limitazioni che regolano l'applicazione degli articoli 3.3 e 3.4 del Protocollo di Kyoto, le attività LULUCF dovrebbero rendere 42.4 Mt CO<sub>2</sub> l'anno in tutta l'EU-15 (EEA, 2009). Di queste, circa 8,2 Mt CO<sub>2</sub> l'anno dovrebbero derivare dalle attività di cui all'Art. 3.3, mentre i restanti 34,2 Mt CO<sub>2</sub> da quelle 3.4 (soprattutto dal *forest management*). Per l'EU-15, questo valore corrisponde all'1,0% delle emissioni dell'anno base, o al 17,0% dell'impegno di riduzione dell'EU-15, pari 341,0 Mt CO<sub>2</sub> l'anno nel periodo 2008-2012 (EEA, 2009).

Per l'Italia le variazioni degli *stock* di carbonio previste dall'uso delle attività LULUCF sono pari a 10,2 Mt CO<sub>2</sub> (il 25,1% di tutti i Paesi dell' EU-15). Valutando attendibile la stima del potenziale di fissazione delle foreste italiane<sup>(2)</sup> E attribuendo un prezzo di 20 € per ogni t CO<sub>2</sub> eq (che, nel linguaggio del Protocollo di Kyoto, è detto *Removal Unit*, o RMU), si perviene a un valore, per i 5 anni del periodo 2008-12, di oltre 1,2 miliardi di €. Una cifra significativa, che ha ovviamente creato aspettative importanti rispetto a nuove e significative fonti di reddito tra i proprietari forestali italiani e gli addetti ai lavori del settore, i quali ora intendono capire se si trovano realmente di fronte a una nuova e interessante possibilità di mercato e d'un reale guadagno economico. I quesiti che si pongono sono: dove sono i soldi e a chi vanno? Potremmo ricevere un riconoscimento economico o ricevere servizi dalla cessione dei crediti di carbonio forestali? A quali condizioni e a quali vincoli?

Su queste questioni si sono interrogati i responsabili dell'amministrazione comunale di Acerno, a cui il presente rapporto intende ora fornire i necessari strumenti di conoscenza e competenza rispetto alla scelta di integrare o meno la componente di fissazione di carbonio negli obiettivi gestionali e di «internalizzare» il servizio che le foreste comunali offrono rispetto alle politiche nazionali e globali di mitigazione dei cambiamenti climatici.

Il secondo obiettivo di questo studio è quello di estrapolare l'approccio e la metodologia usati anche ad altre realtà forestali sul territorio italiano che si trovano di fronte a dover assumere scelte analoghe.

---

<sup>(2)</sup> Nella Quarta Comunicazione Nazionale del governo italiano all'UNFCCC (Angeloni et al., 2007) per il nostro Paese era stato stimato un potenziale *sink* delle attività LULUCF pari a 25,3 Mt CO<sub>2</sub> (il 44% di tutti i Paesi dell' EU-15 e il 75% dell'impegno nazionale di riduzione calcolato sul livello di emissioni del 1990).



## 2. Le attività LULUCF per il periodo 2008-2012

L'UNFCCC, entrata in vigore nel 1994 e approvata da ben 192 Paesi, è stata integrata nel dicembre del 1997 dal Protocollo di Kyoto, un trattato che impegna 40 Paesi industrializzati e con economia in transizione a contenere le loro emissioni di gas-serra entro limiti ben definiti. Questi paesi, elencati nell'Allegato I della Convenzione, si sono impegnati a ridurre le emissioni complessive di sei gas-serra del 5,2% rispetto a quelle registrate nel 1990, entro il periodo 2008-2012 (conosciuto come "primo periodo d'impegno"). Il Protocollo di Kyoto è entrato in vigore il 16 febbraio 2005 e, al momento, è stato ratificato da 177 paesi, tra cui un certo numero di paesi industrializzati che complessivamente totalizzano il 63,7% delle emissioni al 1990 dei Paesi dell'Allegato I.

Il Protocollo ha previsto tre strumenti di mercato (noti come "meccanismi flessibili") a cui i paesi possono ricorrere per raggiungere i loro target nazionali di riduzione delle emissioni di gas di serra in maniera efficiente. Essi sono:

1. Il *Clean Development Mechanism* (CDM), che consente ai paesi dell'Allegato I di investire in progetti da realizzare nei paesi in via di sviluppo, in grado di ridurre le emissioni di gas-serra, ma anche di favorire in questi paesi lo sviluppo tecnologico, economico e sociale;
2. Il *Joint Implementation* (JI), che ammette la possibilità per i paesi dell'Allegato I di realizzare progetti per la riduzione delle emissioni di gas-serra in un altro paese dello stesso gruppo e di utilizzare i crediti derivanti, congiuntamente con il paese ospite;
3. L'*Emissions Trading* (ET), che riconosce la possibilità di organizzare un commercio di crediti di emissione tra i paesi dell'Allegato I (per esempio tra un paese che abbia conseguito una diminuzione delle proprie emissioni di gas serra superiore al proprio obiettivo e un paese che viceversa non sia stato in grado di rispettare i propri impegni di riduzione).

Il Protocollo di Kyoto contempla anche una serie di attività LULUCF come modalità che i paesi possono impiegare per raggiungere gli obiettivi di riduzione o contenimento delle emissioni di gas-serra (Schlamadinger et al., 2007). Specificatamente, per il periodo 2008-2012, così come deciso nelle diverse Conferenze delle Parti da Kyoto a Marrakech (UNFCCC, 2002), il Protocollo di Kyoto stabilisce che gli inventari nazionali dei gas di serra debbano essere integrati dai dati relativi a una serie di attività LULUCF e in particolare:

1. le variazioni degli *stock* di carbonio tra il 2008 e il 2012 su foreste di nuova costituzione e sulle aree deforestate dal 1990 in poi;
2. le variazioni degli *stock* di carbonio nelle superfici forestali sottoposte a gestione, fino a un tetto massimo specifico per ogni nazione, che, in molti casi è solo una frazione della presunta capacità fissativa;
3. le variazioni degli *stock* di carbonio e delle emissioni non CO<sub>2</sub> tra il 2008 e il 2012 sulle superfici agricole e pascolive sottoposte a gestione e sulle superfici interessate da fenomeni di rivegetazione.

**Tabella 1** - Descrizione tabella Sintesi delle attività LULUCF nel primo periodo di impegno (2008-2012) del Protocollo di Kyoto

Uso iniziale del suolo	Uso finale del suolo		
	Foresta	Coltura agraria	Pascoli
Foresta	Gestione forestale	Deforestazione	Deforestazione
Coltura agraria	Afforestazione* e Riforestazione*	Gestione di coltura agraria	Gestione dei pascoli
Pascoli	Afforestazione* e Riforestazione*	Gestione di coltura agraria	Gestione dei pascoli

(\*) Attività LULUCF ammesse anche come progetti *Clean Development Mechanism* (CDM)

Nella tabella non è segnalata una attività LULUCF, la rivegetazione, perché essa non è associata a una specifica categoria di uso del suolo. La rivegetazione può realizzarsi su aree agricole e pascolive, come pure su aree urbane e insediative, ma non su foreste.

Fonte: Schlamadinger et al. (2007), mod.

Le attività al punto 1 (art. 3.3 del Protocollo) devono essere contabilizzate tutte e obbligatoriamente, mentre le attività ai punti 2 e 3 (art. 3.4) possono essere contabilizzate su

---

base volontaria, optando anche per una sola o alcune di esse o in toto. L'Italia, per il periodo 2008-2012, ha deciso d'includere la sola gestione forestale e di escludere la gestione dei suoli agricoli, dei prati e dei pascoli e la rivegetazione dalle attività opzionali previste dall'articolo 3.4 del Protocollo di Kyoto. Detta esclusione è stata motivata con la difficoltà di disporre di dati e informazioni sufficientemente affidabili e consistenti per costruire i bilanci tra assorbimenti ed emissioni di gas-serra (in sostanza i dati sulle variazioni del carbonio nel suolo) del 1990 (anno di riferimento) e il periodo 2008-2012, anche per il metodo prescritto nella contabilizzazione: il *net-net accounting*<sup>(3)</sup>. Viceversa, il metodo *gross-net accounting* (che nel primo periodo di impegno del Protocollo di Kyoto sarà applicato al reporting per la sola gestione forestale) considera gli assorbimenti e le emissioni nel periodo 2008-2012, senza fare riferimento agli assorbimenti e alle emissioni di un anno (o di un periodo) base.

Per i Paesi europei il ruolo attribuito al settore agricolo-forestale nell'orizzonte del primo periodo di impegno è, nel complesso, molto limitato. Di fatto, per effetto delle regole e delle restrizioni introdotte dal Protocollo di Kyoto e dagli Accordi di Marrakech (Schlamadinger et al., 2007), le attività LULUCF previste dagli articoli 3.3 e 3.4 del Protocollo di Kyoto nei Paesi dell'UE-15<sup>(4)</sup> — sulla base delle previsioni fatte dagli stessi Paesi — dovrebbero generare 42,4 Mt CO<sub>2</sub> l'anno (EEA, 2009), pari a una riduzione dell'1,0% delle emissioni del 1990 o al 17% dell'impegno di riduzione dell'EU-15 (341 Mt CO<sub>2</sub> in meno l'anno rispetto alle emissioni del 1990).

Il ruolo attribuito al settore agricolo-forestale è, invece, nel caso dell'Italia, di una certa rilevanza. A seguito del Consiglio dei Ministri dell'Ambiente dell'UE del 17 giugno 1998, con il cosiddetto *Burden Sharing Agreement*, è stato previsto che l'Italia nel periodo 2008-2012

---

(3) Il *net-net accounting* è un metodo di contabilizzazione che confronta le variazioni degli stock di carbonio avvenute nel corso del periodo d'impegno con quelle dell'anno di riferimento. In questo modo un credito viene prodotto se una quantità di emissioni in atmosfera è diminuita nel tempo, se un assorbimento dall'atmosfera è aumentato, se un'emissione è stata trasformata in un assorbimento. Per fare un paragone, con questa metodologia si confrontano il saldo medio delle entrate-uscite in un conto corrente di un periodo (2008-12) con quello di un anno-base di riferimento (1990).

Il *gross-net accounting* considera esclusivamente variazioni di *stock* di carbonio dovuti alle differenze tra emissioni e prelievi all'interno di un periodo d'impegno, senza che queste siano confrontate con le variazioni degli stock nel periodo (o anno) di riferimento. In questo caso, le attività LULUCF comportano un debito se le emissioni eccedono gli assorbimenti; inversamente, si ha un credito se l'attività LULUCF porta a un eccesso degli assorbimenti rispetto alle emissioni, a prescindere da quale fosse il flusso nel periodo di riferimento e prima dell'avvio dell'attività. Ciò implica che l'adozione del *gross-net accounting* consente ad un'attività di produrre crediti anche se gli assorbimenti tendono a diminuire nel tempo; viceversa produce debiti anche nel caso in cui le emissioni si siano ridotte nel tempo. Per esemplificare, sempre con riferimento alla gestione di un conto corrente bancario, il *gross-net accounting* misura la somma algebrica di tutte le entrate e uscite sul conto corrente verificatesi in un determinato periodo (dal 1990 al 2008-12), senza tenere in considerazione il saldo nell'anno di riferimento.

Come ricordato, per le attività di gestione forestale, almeno per il periodo 2008-12, è stato deciso di adottare il *gross-net accounting* per il fatto che il *net-net accounting* è ritenuto svantaggioso per quei paesi in cui le foreste si trovano prossime allo stato di massima estensione e di stock ottimale (uno stato definito, nel gergo del Protocollo, "saturazione" - *saturation*), quando cioè la capacità di stoccaggio di carbonio (*sink*) è destinata a culminare nel breve periodo e con essa anche i crediti di carbonio.

L'adozione del *gross-net accounting* tuttavia pone un problema basilare. Una parte considerevole dei crediti misurati come variazione degli *stock* che possono essere utilizzabili nei bilanci nazionali derivavano non solo dagli interventi intenzionali (*human induced*), ma anche dagli effetti indiretti e naturali, quali le conseguenze stesse dei cambiamenti climatici, con l'aumento della concentrazione di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera e le deposizioni azotate. Inoltre la variazione degli stock è in parte collegata agli interventi diretti dell'uomo effettuati prima del 1990 e come tali da escludere. Ed è proprio per questo che, in sede di discussione nelle Conferenze delle Parti, in merito alle attività di gestione forestale, si è deciso di ridurre nei bilanci nazionali i crediti al 15% del loro valore totale effettivamente stimato e che, comunque, i crediti conteggiabili non possano essere superiori al 3% delle emissioni registrate nell'anno di riferimento (1990 per l'Italia). La questione di separare gli effetti indiretti e naturali da quelli intenzionali non riguarda - per diversi motivi - le attività dell'Articolo 3.3, né le altre tre attività (rivegetazione, gestione dei suoli agrari, gestione dei prati e dei pascoli) ricadenti nell'articolo 3.4.

(4) Austria, Belgio, Danimarca, Finlandia, Francia, Germania, Grecia, Irlanda, Italia Lussemburgo, Paesi Bassi, Portogallo, Spagna, Svezia, Regno Unito.

---

riduca le proprie emissioni nella misura del 6,5% rispetto ai livelli del 1990. Essendo il livello delle emissioni del 1990 pari 519,5 Mt CO<sub>2</sub>eq, il target per il nostro paese è pari a 485,7 Mt CO<sub>2</sub>eq.

Nel 2008 le emissioni italiane hanno raggiunto quota 541,5 Mt CO<sub>2</sub> eq, per un incremento pari al 4,7% rispetto a quelle del 1990 (517,0 MtCO<sub>2</sub> eq). Ciò significa che, da qui al 2012, l'impegno del momento è di ridurre le emissioni dell'11,2% (4,7%+6,5%), per una quantità pari a 58,0 Mt CO<sub>2</sub> eq l'anno nel corso del quinquennio 2008-2012. Nel corso del 2009, tuttavia, l'effetto congiunto della crisi economica e dell'aumento della quota delle rinnovabili nei consumi energetici nazionali e del miglioramento dell'efficienza energetica ha determinato un calo sensibile delle emissioni di gas-serra: 495 Mt CO<sub>2</sub> eq (-8,6 rispetto all'anno precedente), portando il nostro Paese molto vicino alla possibilità concreta di raggiungere entro il 2012 il target di Kyoto: 485,7 MtCO<sub>2</sub> eq (EEA, 2010).

### **2.1. Le metodologie di contabilizzazione**

Altre regole relative alla realizzazione dei bilanci nel campo delle attività LULUCF, che includono tra l'altro il grado e le modalità di identificazione delle aree interessate (Schlamadinger et al., 2003), sono ancora in fase di approvazione, contribuendo a determinare un sistema abbastanza complesso, che può richiedere costi di funzionamento (nel linguaggio degli economisti "costi di transazione") relativamente elevati che inducono a ponderare il rapporto tra i costi della messa in atto del sistema e benefici delle diverse azioni, o almeno di quelle ad adesione volontaria. È possibile tuttavia che queste regole siano semplificate in futuro, per contenere il più possibile i costi di transazione e rendere più convenienti gli investimenti LULUCF.

Infine, il Protocollo stabilisce che ogni Paese potrà usare i crediti generati dai progetti nel campo dell'uso del suolo anche al di fuori dei propri confini territoriali: in altri paesi industrializzati, secondo quanto prevede l'articolo 6 del Protocollo (misure di *Joint Implementation* - JI), e in paesi in via di sviluppo, secondo l'articolo 12 del Protocollo (*Clean Development Mechanism* - CDM). A questo proposito, va ricordato che, limitatamente al primo periodo di impegno, saranno utilizzabili soltanto i progetti CDM di afforestazione e riforestazione su terreni che non erano coperti da foreste al 1990, con un limite: gli assorbimenti di gas serra derivanti da tali progetti potranno essere conteggiati fino all'1% della quota di riduzione assegnata ad un paese per ogni anno del periodo d'impegno.

### **2.2. Differenze tra progetti energetici e LULUCF**

Ci sono due differenze sostanziali tra le attività LULUCF e le misure per ridurre le emissioni di gas-serra in altri settori: il problema già ricordato della "saturazione" e quello della "non permanenza".

La saturazione avviene con il raggiungimento del potenziale massimo biologico di carbonio sequestrabile da una foresta o da un suolo agricolo. Essa è quindi condizionata sia dalla limitata disponibilità di terreni, sia alla quantità di carbonio che può essere immagazzinato o protetto in una unità di superficie. Questo fa sì che, nella strategia di riduzione delle emissioni di gas clima-alteranti, le misure di LULUCF siano, almeno nei paesi occidentali, impiegabili in una logica di breve-medio periodo, anche perché i costi marginali per unità di carbonio fissabile nella biosfera tendono ad aumentare con il ridursi delle aree di intervento disponibili per nuove piantagioni e l'incremento degli *stock* medi unitari.

La non-permanenza (o, se si preferisce, la potenziale reversibilità) concerne il fatto che l'immagazzinamento del carbonio nella biosfera può essere reversibile (il carbonio può cioè ritornare in atmosfera), a causa di incendi, degradazione delle foreste, tagli, ecc.. Alcuni studiosi ritengono altresì che la biosfera possa a breve variare il suo ruolo nei confronti dell'atmosfera, passando da *sink* a fonte di emissione di gas-serra, nel momento in cui i cambiamenti climatici, e soprattutto il riscaldamento globale, cominceranno a produrre i loro effetti negativi sulla produttività degli ecosistemi vegetali (segnatamente le torbiere e le foreste che sono situate in aree più soggette a incendi e disturbi d'altra natura). Come è intuitivo, la potenziale reversibilità non è un problema che riguarda gli interventi di mitigazione dei gas-serra nel campo energetico: una tonnellata di anidride carbonica risparmiata grazie

---

all'installazione di una centrale eolica è risparmiata per sempre, anche se ad un certo punto la centrale eolica smettesse di funzionare.

La questione della non-permanenza è stata risolta nell'ambito del Protocollo con l'imposizione del principio "*once Kyoto land, always Kyoto land*": una volta inserite delle aree nei propri sistemi di contabilità per l'applicazione degli articoli 3.3 e 3.4, i Paesi dell'Annesso I (i Paesi industrializzati) hanno l'obbligo di monitorare costantemente gli assorbimenti e, simmetricamente, le emissioni. Nell'ambito dei progetti CDM, e quindi per il momento solo per le misure di piantagione (*afforestation* e *reforestation*), dal momento che i paesi che ospitano i progetti non possono assumersi responsabilità semplicemente per il fatto che questi paesi non hanno impegni di riduzione e quindi neanche di contabilità e reporting dei gas-serra, la potenziale reversibilità è stata risolta introducendo i cosiddetti crediti temporanei. Ciò significa che alla scadenza del progetto, o quando le quantità di carbonio fissate siano liberate nuovamente nell'atmosfera, il paese investitore che ha usato quei crediti nei bilanci nazionali dovrà acquisire nuovi crediti realizzando un nuovo progetto, acquistando crediti sul mercato o riducendo le emissioni interne.

L'introduzione di questa soluzione per risolvere i rischi di reversibilità dei crediti LULUCF sta influenzando pesantemente sull'opportunità e convenienza a realizzare quelle che sono state definite "foreste di Kyoto" (*Kyoto forests*) applicando lo strumento dei CDM. Un ulteriore ostacolo a tali interventi è posto dall'atteggiamento critico che una parte consistente del mondo ambientalista ha assunto nei confronti, in genere, dei CD, per il fatto che non comportano impegni reali di riduzioni nei paesi sviluppati, e, nello specifico, nei confronti di molte piantagioni realizzate nel recente passato o attualmente in corso, soprattutto per gli effetti che queste hanno sui diritti di accesso alla terra da parte delle popolazioni locali e per gli impatti ambientali delle monocolture. Si veda, a questo proposito, l'azione di FERN ([www.fern.org/pubs/briefs/sinks2.pdf](http://www.fern.org/pubs/briefs/sinks2.pdf)) e i rapporti di CDM Watch ([www.cdmwatch.org](http://www.cdmwatch.org)) e di Sink Watch ([www.sinkwatch.org/](http://www.sinkwatch.org/)). Va, peraltro, segnalato che nell'ambito dell'UNFCCC sono in fase di definizione delle metodologie per le attività di afforestazione e riforestazione nei progetti CDM (<http://cdm.unfccc.int/methodologies/>).

---

### 3. Le Direttive *Emissions Trading* e *Linking* e il mercato dei crediti di carbonio

Per raggiungere gli obiettivi previsti dal Protocollo di Kyoto, nel 2003 la Commissione Europea ha emanato la Direttiva 87/2003, nota come *Emissions Trading*, per organizzare all'interno dell'UE un mercato delle quote di emissione dei gas-serra (<http://europa.eu.int/eur-lex/pri/en/oj/dat/2003>). La Direttiva, entrata in vigore il 1° gennaio 2005, istituisce un sistema di procedure e regole per lo scambio di quote di emissioni dei gas serra e interessa attualmente oltre 10 mila imprese europee nei settori industriali maggiormente legati ai processi di combustione per produzioni di energia (impianti con potenza calorifica superiore a 20 MW), alla produzione e trasformazione dei metalli ferrosi, del cemento, del vetro e della ceramica (oltre una certa capacità lavorativa), della fabbricazione della pasta per la carta e di carta e cartoni. Dal 2012 anche le compagnie aeree con livelli significativi di emissione saranno incluse nello schema, mentre il Parlamento e il Consiglio dell'UE hanno richiesto alla Commissione Europea di includere in futuro anche il trasporto marittimo.

Per le imprese incluse nello schema vale il principio del "tetto e commercio". In sostanza per ogni impresa viene fissato un tetto delle emissioni, sotto forma di concessione d'un numero di permessi commerciabili riferiti alla tonnellata di CO<sub>2</sub> equivalente (una sorta di licenza di inquinare) per un particolare periodo d'impegno. Se nel periodo di riferimento l'impresa supererà il tetto, dovrà acquistare dei crediti; viceversa, se essa si collocherà sotto il tetto potrà vendere i crediti corrispondenti.

La prima fase di applicazione della Direttiva ha riguardato il triennio 2005-2007 e ha coperto le emissioni di CO<sub>2</sub> (non di altri gas-serra) di oltre 10 mila grandi imprese di sei settori produttivi di 27 Paesi membri che complessivamente rappresentavano il 40% delle emissioni dell'EU. La seconda fase ha controllato il quinquennio 2008-12, coincidente con il primo periodo d'impegno del Protocollo di Kyoto. In quest'ultima fase le emissioni coperte dallo schema non possono superare 2080,9 Mt CO<sub>2</sub> per l'UE-27 (per l'Italia il tetto è di 195,8 Mt CO<sub>2</sub>).

In questa seconda fase, il 95% degli EUA sono collocati gratuitamente presso le imprese che partecipano allo schema. Dal momento che gli EUA sono assegnate a queste ultime, ogni altra impresa o associazione o istituzione, ecc., è libero di acquistare e vendere all'interno del mercato dei permessi di emissione come se fossero delle imprese.

Nel 2004 è stata approvata la Direttiva 101/2004/EC, più nota come *Linking*, che definisce le regole che legano la Direttiva *Emissions Trading* ai meccanismi di flessibilità e di mercato del Protocollo di Kyoto. Essa in sostanza riconosce l'equivalenza tra crediti generati dai progetti realizzati da imprese europee in altri paesi industrializzati e in paesi in via di sviluppo per risparmiare emissioni. Le emissioni evitate saranno trasformate in crediti di emissione che potranno essere usati per rispettare gli obblighi di riduzione delle emissioni definiti per ogni stato membro. La Direttiva non pone tetti ai crediti producibili con tali progetti, anche se non ammette l'uso dei progetti nucleari. I progetti idro-elettrici potranno generare crediti solo se risponderanno ad una serie di criteri internazionali fissati dalla Commissione mondiale sulle dighe.

Al momento la Direttiva *Emissions Trading* esclude i crediti di carbonio di provenienza LULUCF (in gergo: RMUs, *Removal Units*), anche se realizzati nei Paesi in via di sviluppo, in quanto la Commissione Europea ha ritenuto che essi non pongono sufficienti garanzie di *permanenza* e di *misurazione* e *verifica*. Pertanto, a oggi, ai proprietari forestali europei non è consentito di partecipare ai mercati regolati (o ufficiali) e ricevere una remunerazione dal commercio dei crediti di carbonio. Se nella fase di revisione delle regole attuali dovesse risultare che i problemi tecnici di permanenza e di misurazione e verifica siano stati tecnicamente risolti, sarà possibile includere le attività LULUCF anche tra quelle oggetto di scambio di crediti.

---

## 4. Il mercato volontario

Gli strumenti di *governance* nella gestione dei problemi e delle potenzialità del settore agricolo e forestale relativi ai cambiamenti climatici non si esauriscono, tuttavia, nel processo avviato dall'UNFCCC e dei successivi accordi. Esiste un altro strumento per una valorizzazione economica della funzione di *carbon sink* del settore primario e delle foreste in particolare: il mercato volontario dei crediti di carbonio.

La necessità di ridurre o annullare le emissioni legate ad un'attività, ad un evento o ad un prodotto, spesso accompagnata da un'azione di informazione (uso di marchi: "Emissioni zero", "Go neutral", "CO<sub>2</sub> free".) motiva imprese, enti pubblici, associazioni e perfino singoli operatori economici all'acquisto, presso una serie molto ampia di broker, di crediti di carbonio.

Tali scelte sono legate a motivazioni ideali, ma anche a considerazioni pragmatiche connesse all'utilizzo di tecniche di green marketing (Ciccarese e Pettenella, 2008). La realizzazione di interventi di carattere volontario consente ai diversi investitori pubblici e privati una maggior flessibilità e una maggior gamma di interventi non essendo necessariamente soggetti alle limitazioni e regole imposte dal Protocollo di Kyoto. Ad esempio, possono essere acquistati i crediti relativi a progetti REDD (non ancora resi eleggibili dagli accordi internazionali UNFCCC), ad attività di agricoltura biologica, alla fissazione di carbonio nei prodotti legnosi, alla sostituzione di combustibili fossili con biomasse, alla produzione di *biochar* (carbonio agricolo come fertilizzante). È interessante rilevare che, rispetto ai mercati "istituzionali" delle quote, in quello volontario il ruolo degli investimenti nel settore agricolo e forestale è percentualmente molto maggiore. Secondo una stima prudenziale di Hamilton et al. (2010), circa la metà delle transazioni che hanno interessato i *Verified Emission Reductions* (VERs) nel settore delle risorse agricolo-forestali si sono basate sull'impiego di standard indipendenti.

Le iniziative volontarie di riduzione e compensazione delle emissioni clima-alteranti si basano su diverse tipologie di intervento e su meccanismi di mercato analoghi a quelli adottati nelle politiche ambientali per l'attuazione del Protocollo di Kyoto (CDM; JI; ET), pur non adempiendone le procedure formali. I due Mercati (volontario e regolato) fino al 2012 rimarranno separati. Dopo questa data si vedrà se le regole del Protocollo di Kyoto cambieranno al fine di permettere un'estensione della contabilità ufficiale anche a soggetti al momento non ammissibili.

L'avvio di iniziative volontarie, concrete, volte ad azzerare le proprie emissioni è sicuramente legato a nobili motivazioni etiche e alla consapevolezza da parte di singoli individui, gruppi di interesse, aziende, imprese o comunità di far parte di un sistema complesso in cui ognuno può portare il proprio contributo.

Negli ultimi anni il processo volontario di misura e gestione delle proprie emissioni è cresciuto esponenzialmente. Sempre più spesso si incontrano iniziative "etichettate" come a emissioni nulle di gas clima-alteranti, come ad esempio quelle attuate da scrittori che azzerano le emissioni prodotte per i loro romanzi, eventi sportivi e culturali le cui emissioni vengono compensate con imboschimenti specifici, singoli cittadini che azzerano le loro quotidiane azioni, studenti con la loro tesi di laurea, enti pubblici con i servizi prodotti e molto altro.

Ma l'azzeramento totale o parziale delle proprie emissioni rappresenta anche, per imprese e aziende, un fattore sempre più importante di marketing e competitività, potendo diventare, nel medio-lungo periodo, anche una strategia di riduzione dei costi di produzione.

Nel mondo imprenditoriale l'incremento di interesse registrato negli ultimi anni per azzerare volontariamente le proprie emissioni permette di qualificare l'investitore o i prodotti e servizi da questo forniti, con riconoscimenti di mercato rientranti negli strumenti di *green marketing*, come *carbon neutral company*, *zero carbon emissions*, o analoghi.

Questo rappresenta spesso un investimento per il miglioramento della propria immagine in un mercato sempre più attento all'ambiente e alle problematiche legate al cambiamento climatico.

Come precedentemente accennato, l'azzeramento delle emissioni di CO<sub>2</sub> collegate a una determinata azione o prodotto, a un servizio o all'attività di un'intera azienda, può essere realizzato attraverso due azioni successive: la massima riduzione possibile delle emissioni e la compensazione di quelle residue.

È buona pratica incrementare al massimo la riduzione delle emissioni clima alteranti prodotte e solo successivamente procedere alla compensazione di quelle residue acquistando crediti sul Mercato volontario. La produzione di crediti di carbonio acquistabili sul Mercato volontario ai fini della compensazione è ottenuta generalmente da soggetti che adottano nuove tecniche o tecnologie produttive e/o culturali rispetto a quelle tecniche produttive e/o culturali

---

precedentemente adottate, oppure grazie all'assorbimento di CO<sub>2</sub> a seguito di attività di afforestazione, riforestazione, gestione forestale (*afforestation, reforestation, forest management*) e riduzione della deforestazione e degradazione delle foreste.

Gli standard impiegati, ovviamente non solo nel campo degli investimenti volontari, sono classificabili in tre gruppi:

1. gli standard generici per la stima degli effetti sul ciclo del carbonio e, in alcuni casi, degli impatti ambientali e sociali degli investimenti; il *Gold Standard*, il *Voluntary Carbon Standard*, lo standard per i CDM, il CCX e il VER+ sono quelli più impiegati;
2. gli standard di buona gestione forestale in base a criteri ambientali, sociali ed economici; la Banca Mondiale per i progetti forestali Cdm richiede la certificazione in base allo standard del *Forest Stewardship Council* (FSC), che è stato impiegato anche negli investimenti volontari, mentre per i progetti forestali offerti nel CCX è stata recentemente ammessa anche la certificazione in base allo standard del *Programme for the Endorsement of Forest Certification* (PEFC). Entrambi gli standard, tuttavia, non contemplano una procedura per la rigorosa valutazione della capacità di fissazione di carbonio;
3. anche per questa ragione sono stati sviluppati di recente, negli Usa e in Europa, due standard specifici relativi ai progetti forestali compensativi (il *Climate*, il *Community and Biodiversity Standard* e il *CarbonFix Standard*).

Per ridurre e compensare le proprie emissioni, in tutto il mondo sono nate diverse agenzie specializzate che offrono un servizio specifico, anche se spesso non sempre trasparente, facilmente verificabile o comprensibile da parte del "cliente" (INEA, 2010). L'offerta da parte delle agenzie di intermediazione (anche noto come carbon broker), nel campo degli investimenti volontari per l'azzeramento delle emissioni di GHG, copre una domanda varia e sempre più ampia.

Come per i meccanismi di mercato introdotti dal Protocollo di Kyoto al centro del sistema volontario vi è, quindi, il credito di carbonio. Il valore economico dell'investimento volontario da realizzare per compensare l'emissione prodotta viene quindi calcolato in relazione al prezzo di Mercato dei crediti di carbonio. Valore quest'ultimo molto variabile nel tempo condizionato dai differenti rapporti che si creano tra domanda e offerta di crediti, ma anche dalla capacità di movimento e contrattazione del cliente rispetto a *Carbon Broker* e *partner*.

Il Mercato globale volontario comprende le transazioni che avvengono tramite il *Chicago Climate Exchange* (CCX)<sup>(5)</sup>, mercato globale integrato a cui aderiscono imprese, associazioni, università, municipalità, ecc. con sola sede negli Stati Uniti e quelle *Over The Counter* (OTC), rappresentato da varie tipologie di soggetti che, pur riferendosi ai principi del Mercato regolamentato, non rispondono a regole comuni. Coloro che aderiscono al CCX hanno assunto un impegno volontario, ma vincolante, che prevede una riduzione delle proprie emissioni di gas serra del 6% entro il 2012 rispetto al target base del 1998-2001. Contenere le emissioni al di sotto del target stabilito permette di vendere o capitalizzare i permessi di emissione acquisiti. Emettere al di sopra del target implica, per il rispetto degli impegni, l'acquisto di strumenti finanziari CCX. La piattaforma di scambio dei crediti CCX è aperta anche alle imprese che non aderiscono al sistema, che possono partecipare, previa verifica da parte di un organismo terzo e indipendente.

Gli investimenti compensativi nel Mercato OTC non prevedono soglie di riduzione da parte dei "clienti" e vengono favoriti dalla presenza di *Carbon Broker* che fanno da tramite tra i soggetti che producono crediti e quelli che intendono acquistarli (Cicarese e Pettenella, 2008). Tramite queste Agenzie, grandi organizzazioni, imprese e singoli cittadini possono investire direttamente in specifici progetti per l'azzeramento, parziale o totale, delle emissioni, raggiungendo i propri obiettivi etici e/o di green marketing.

I *Verified Emission Reductions*, i crediti di carbonio nel Mercato OTC, corrispondenti a 1 tCO<sub>2</sub>eq, sono passati da circa 4 milioni di VER commercializzati nel 2004 a circa 131 milioni nel 2010 (Hamilton et al., 2011), presentando un prezzo sempre inferiore rispetto a quello delle quote relative ai Mercati regolati dal Protocollo.

---

(5) CCX è il Mercato più ampio dove si scambiano i VERs (*Verified Emission Reductions*). Il prezzo dei VERs, date le procedure più 'snelle' di approvazione, verifica e monitoraggio dei progetti da iniziative volontarie, è risultato sempre inferiore (Cicarese e Pettenella 2008) a quello delle quote relative ai mercati ufficiali (EU ETS). (vedi sito [www.ecosystemmarketplace.com](http://www.ecosystemmarketplace.com)).

---

Il Mercato volontario per la compensazione delle emissioni di CO<sub>2</sub> introduce interessanti opportunità per il settore primario e in particolare per quello forestale, rendendo il principio secondo cui chi fornisce benefici ambientali venga remunerato operativo, e complementare a quello del chi inquina paga. Come vedremo nei capitoli successivi attualmente i *carbon offset*, basati sull'utilizzo delle risorse forestali, sono però in generale non particolarmente economici (salvo se effettuati in Paesi in via di Sviluppo), di non semplice valutazione e monitoraggio, e presentano il rischio di escludere, per economie di scala, gli interventi di piccole dimensioni.

Tra gli investimenti compensativi forestali di tipo volontario sono inclusi anche i progetti REDD, così come interventi di forestazione urbana e interventi volti alla fissazione di carbonio nei prodotti legnosi destinati a lunghi periodi di vita. Le agenzie specializzate nel settore primario che fanno da intermediazione tra i soggetti che offrono crediti sul Mercato volontario (*partner*) e quelli che esprimono una domanda di interventi compensativi (clienti) offrono diverse possibilità, a prezzi variabili. Questa variabilità è legata essenzialmente alla dinamica della domanda di crediti di carbonio.

Le potenziali opportunità che si aprono per il settore agricolo e forestale non sembrano poche. Un imprenditore agricolo e/o forestale, e/o proprietario fondiario potrebbe, in linea teorica, ottenere redditi dalla vendita dei crediti di carbonio ottenibili con interventi specifici volti ad aumentare lo *stock* di carbonio nella biomassa epigea, ipogea, nella lettiera, nella necromassa e nel suolo (con piantagioni forestali, arboree o arbustive con finalità diverse, adottando particolari tecniche agronomiche e selvicolturali, ecc). In particolare i progetti finalizzati alla produzione di crediti di carbonio che interessano le risorse forestali possono prevedere la realizzazione di piantagioni, il miglioramento dei boschi esistenti, investimenti di prevenzione dei fenomeni di disboscamento o di danneggiamento delle foreste e la realizzazione di impianti per la produzione di biomasse a uso energetico, con effetti sostitutivi nell'impiego di combustibili convenzionali. Per quanto concerne l'Italia, la vendita dei crediti di carbonio da parte dei proprietari forestali assume contorni critici, in quanto i crediti prodotti attraverso i processi di rimboscamento e gestione forestale sono già utilizzati dal Governo italiano per il rispetto dei limiti concordati in sede del Protocollo di Kyoto (Ciccarese, 2009).

La realizzazione di questi interventi nella logica di un miglioramento effettivo delle condizioni climatiche non è sempre priva di problemi. Perché gli interventi compensativi siano effettivamente volti a migliorare le condizioni climatiche, i progetti forestali devono avere le seguenti caratteristiche (c.f.r. Cap. 3 ): intenzionalità esplicita e dimostrabile (addizionalità); permanenza degli effetti in relazione al verificarsi di fenomeni, intenzionali o non voluti, che determinano il ritorno in atmosfera del carbonio fissato (come incendi, schianti da vento, danni causati da attacchi di insetti, ecc.); presenza di effetti collaterali opposti a quelli voluti dall'investimento compensativo realizzato e da questo dipendenti, che avvengono al di fuori dei confini del progetto (*leakage*).



---

## 5. Le contabilizzazione delle emissioni e degli assorbimenti dei gas-serra nel settore agricolo e forestale

Come detto in precedenza, l'obiettivo primario della Convenzione ONU sui cambiamenti climatici (*United Nations Framework Convention on Climate Change*, UNFCCC) è quello di "pervenire a una stabilizzazione della concentrazione dei gas-serra in atmosfera, per non causare pericolose interferenze antropogeniche con il sistema climatico" (<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>, pagina 4, articolo 3). Per raggiungere tale obiettivo, come pure quelli contemplati dal Protocollo di Kyoto (o da ogni altro accordo che dovesse seguire per il post-2012) è essenziale disporre d'informazioni e dati affidabili relativi a emissioni di gas-serra e, nel caso delle attività LULUCF, anche degli assorbimenti dei gas-serra. Solo in presenza di stime di qualità delle emissioni e degli assorbimenti è possibile: (i) effettuare valutazioni sui trend delle emissioni, sull'efficacia delle politiche e delle misure adottate, ma anche delle iniziative volontarie; (ii) eseguire valutazioni su come le nazioni, ma anche le imprese e i diversi settori produttivi, rispettano gli impegni assunti di contenimento o di riduzione delle emissioni di gas-serra; (iii) consentire il funzionamento di quegli schemi di commercio dei crediti di emissione, regolati o volontari, dal momento che, in assenza di unità di permessi d'emissione credibili e accurate, gli stessi schemi non sarebbero attendibili; (iv) fornire agli studiosi dati solidi e affidabili per procedere nello studio delle relazioni tra gas-serra e cambiamenti climatici.

I metodi usati per l'inventario e il monitoraggio delle emissioni di gas-serra variano in funzione dell'attività considerata, della quantità delle emissioni rispetto al totale nazionale, delle finalità per cui essi sono realizzati (per l'UNFCCC o per progetti *carbon offset* o per motivi scientifici). In ogni caso, secondo Rypdal e Paciomnik (2006), gli inventari dovrebbero rispondere a una serie di principi di base, di seguito elencati:

1. **Trasparenza.** Le assunzioni e le metodologie adottate dai compilatori d'un inventario dovrebbero essere chiaramente spiegate in maniera comprensibile, per consentire a chiunque non abbia preso parte alla compilazione dell'inventario (revisori, esperti o privati cittadini) di verificarne la correttezza. I compilatori dell'inventario dovrebbero mettere a disposizione una documentazione esauriente e chiara (dati statistici, letteratura, ecc.), per consentire a chiunque di capire come è stato condotto l'inventario e di valutare se lo stesso inventario risponde alle norme e alle prescrizioni internazionali.
2. **Completezza.** Le stime dei gas-serra dovrebbero riguardare tutto il territorio di una nazione e coprire tutti i gas interessati e tutte le principali categorie (*key category*, nel gergo dell'UNFCCC)<sup>(6)</sup> di emissione e di assorbimento. In caso contrario, le agenzie responsabili degli inventari dovrebbero documentare in maniera trasparente i motivi alla base dell'incompletezza degli inventari.
3. **Coerenza.** In base a questo principio si richiede alle agenzie responsabili degli inventari di usare le stesse metodologie e gli stessi set di dati nel corso degli anni. Il ricorso a metodologie e set di dati dissimili da un anno all'altro (e il conseguente "ricalcolo" delle stime degli anni precedenti) può essere considerato coerente a condizione che esso serva a migliorare il livello di accuratezza e/o completezza e che sia motivato in maniera trasparente e fondata.
4. **Comparabilità.** L'inventario nazionale dei gas-serra deve essere confrontabile con quelli di altre nazioni. Il principio di comparabilità dovrebbe trovare riscontro nella corretta scelta delle principali categorie emmissive, nell'uso delle linee guida per il "*reporting*", delle tabelle di riferimento contenute nelle linee guida (per esempio della densità basale del legno o dei coefficienti di espansione per la stima della biomassa ipogea) e nell'uso della classificazione e della definizione delle categorie di emissione e di fissazione.
5. **Accuratezza.** L'inventario nazionale dei gas-serra non dovrebbe portare, almeno nei limiti degli strumenti e dei dati disponibili, a stime sistematicamente in eccesso o in difetto. Ciò implica che le agenzie responsabili degli inventari devono fare il possibile per rimuovere ogni genere di errore e imprecisione dalle stime inventariali.

---

<sup>(6)</sup> Per *key category* si intende una categoria di emissione o di assorbimento che ha un'influenza significativa sull'entità delle emissioni nazionali e che determina in maniera decisiva il loro trend in un determinato periodo.

---

Sia l'UNFCCC sia il Protocollo di Kyoto impegnano i paesi firmatari a sviluppare, aggiornare, pubblicare e riportare al Segretariato dell'UNFCCC gli inventari nazionali delle emissioni di natura antropica e degli assorbimenti dei gas-serra non controllati dal Protocollo di Montreal (relativo alle sostanze che riducono lo strato dell'ozono stratosferico), usando metodologie comparabili e approvate dalla Conferenza delle Parti dell'UNFCCC. I gas in questione sono l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), il metano (CH<sub>4</sub>), il biossido d'azoto (N<sub>2</sub>O) e altri tre gruppi di gas di origine industriale: idrofluorocarburi (HFC), perfluorocarburi (PFC) e esafluoruro di zolfo (SF<sub>6</sub>).

Secondo Penman et al. (2000) gli inventari dei gas-serra, per essere conformi alle buone pratiche, non devono includere valutazioni che siano sistematicamente sovra- o sotto-stimate e devono tendere a ridurre le incertezze delle stime al minimo possibile. In particolare, per il settore LULUCF questa definizione dovrebbe condurre a un inventario in cui le stime delle variazioni degli *stock* di carbonio (C), delle emissioni e degli assorbimenti, per quanto imprecise, sono comunque stimate *bona fide*. L'inventario non dovrebbe contenere alcun tipo di errore sistematico che è realmente possibile individuare e rimuovere, e dovrebbe essere in grado di accertare e rimuovere imprecisioni man mano che si rendono disponibili data set e informazioni di migliore qualità.

Gli inventari dei gas-serra, che riguardano i settori dell'energia, dei processi industriali e dell'uso dei prodotti, dei rifiuti, dell'agricoltura e dell'uso del suolo, sono regolarmente sottoposti a revisione da parte di esperti coordinati dal Segretariato dell'UNFCCC, allo scopo di valutare il rispetto dei principi di base e delle metodologie approvate in ambito UNFCCC.

Un'ultima considerazione riguarda la stima delle emissioni e degli assorbimenti derivanti da investimenti di tipo volontario nel settore agricolo e forestale finalizzati a ridurre o annullare le emissioni da parte di imprese emettitrici o singoli cittadini. Questi investimenti e i mercati che si creano intorno a essi contengono molti aspetti positivi e rappresentano una interessante opportunità per i proprietari agricoli e forestali (Ciccarese e Pettenella, 2008). Nondimeno, non mancano gli aspetti negativi, tra cui emerge la mancanza di regole condivise sugli standard di riferimento per gli aspetti legati alla stima del *carbon stock* e *carbon sink*, addizionalità, non-permanenza, *leakage* (Gillenwater et al., 2007).

Nel breve periodo questi investimenti possono aiutare a stimolare il mercato del carbonio e nuovi tipi di progetto, tra cui quelli nel settore agro-forestale. Perché questo avvenga, è imprescindibile, però, che questi progetti generino crediti veri, credibili e trasparenti e che non siano puro esercizio di *green washing*. Un sistema di monitoraggio trasparente e credibile è necessario per verificare che le riduzioni o gli assorbimenti di gas-serra siano realmente raggiunti.

In questo senso le istituzioni pubbliche possono svolgere un ruolo cruciale per garantire trasparenza e consistenza a questo tipo di mercato, senza tuttavia incidere sui costi di transazione, soprattutto per quegli aspetti che riguardano la definizione dei sistemi di inventariazione e monitoraggio dei crediti di carbonio e, nel lungo periodo, la definizione di standard.

---

## 6. Le metodologie dell'IPCC

Nel 1991 l'IPCC ha istituito il *National Greenhouse Gas Inventories Programme* (IPCC-NGGIP), in collaborazione con l'*Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD) e l'*International Energy Agency* (IEA), con il fine di elaborare e sviluppare una metodologia accettata internazionalmente e un relativo software per il calcolo e il reporting periodico delle emissioni e degli assorbimenti dei gas-serra. Da allora l'IPCC-NGGIP mantiene un data base dei fattori di emissione e altri parametri, con corrispondenti documentazioni e referenze tecnico-scientifiche (<http://www.IPCC-nggip.iges.or.jp/EFDB/main.php>).

Le linee guida IPCC forniscono una struttura generale, valida per tutti i settori emissivi citati al paragrafo precedente. All'interno di ogni settore, gli Stati possono usare tre differenti livelli di stima, nel gergo tier, a cui corrispondono diversi livelli di qualità e di precisione. Gli Stati, ovviamente, sono incoraggiati a usare quel livello (tier 3) che secondo l'IPCC porta a stime più accurate.

Le linee guida IPCC richiedono di attuare procedure di *Quality Assurance* e *Quality Control* (QA/QC) per facilitare l'uso dei controlli incrociati durante la compilazione degli inventari e delle stime; di documentare, archiviare e citare i dati e le informazioni al fine di agevolare la valutazione e la revisione delle stime e degli inventari da parte degli esperti; di quantificare le incertezze delle stime a livello di categorie di assorbimenti o di emissioni o a livello di inventario nel suo complesso, in maniera da indirizzare le risorse disponibili per migliorare le lacune e le fonti di errore (vedi Rapporti ISPRA 136-137-138-139/2011).

In questo senso, la valutazione quantitativa dell'incertezza dei parametri e dei risultati è un passaggio importante nello sviluppo di un inventario (Frey et al., 2006). La consapevolezza del livello di incertezza aiuta gli autori degli inventari a identificare le categorie che più di altre contribuiscono a generare il livello generale di incertezza e ad avere cognizione su dove intervenire per aumentare l'accuratezza d'un inventario. Per maggiori informazioni su questa materia, si consiglia di consultare Rypdal e Paciorek (2006).

Al momento, le 2006 IPCC *Guidelines* (IPCC, 2006a) sono le linee guida più aggiornate per la redazione degli inventari nazionali dei gas-serra (anche se non ancora ufficialmente approvate).

### 6.1. Le specificità delle attività territoriali nell'inventario dei gas-serra

Il settore dell'agricoltura, della selvicoltura e della gestione delle terre a diverso uso del suolo (*Agriculture, Forestry and Other Land Use*, o AFOLU) possiede una serie di caratteristiche che lo rendono differente dagli altri settori emissivi. Innanzi tutto perché i gas-serra nel settore AFOLU sono di duplice segno: le stime devono essere condotte sia per le emissioni di CO<sub>2</sub> e di altri gas non-CO<sub>2</sub> verso l'atmosfera, sia per gli assorbimenti di CO<sub>2</sub> dall'atmosfera (fissata poi nella biomassa viva, nella biomassa morta e nel suolo). Esso, inoltre, si caratterizza per una serie variegata e complessa di processi biologici, fisici e chimici, diffusi nello spazio e assai variabili nel tempo. In terzo luogo, i fattori che governano le emissioni e gli assorbimenti possono essere sia naturali sia antropici (e questi a loro volta diretti o indiretti), spesso difficilmente distinguibili tra loro.

Le procedure per il disegno e il completamento dell'inventario e il monitoraggio dei gas-serra del settore AFOLU si presentano dunque estremamente complessi, soprattutto in confronto agli altri settori emissivi.

In particolare, per il settore forestale, tali procedure riproducono, con qualche piccolo adattamento, i metodi per lo svolgimento degli inventari forestali tradizionali (mirati alla stima del volume di legname in foresta) e degli studi ecologici stazionali.

Il Volume 4 AFOLU delle 2006 IPCC *Guidelines* (IPCC, 2006b) integra il capitolo 4 (*Agriculture*) e il capitolo 5 (*Land Use, Land-Use Change and Forestry*) delle precedenti *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Esso, inoltre, assimila il rapporto *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*, o GPG-LULUCF (Penman et al., 2003), redatto dall'IPCC nel 2003.

Rispetto alle *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, il GPG-LULUCF riconosce che i processi relativi alle emissioni e agli assorbimenti dei gas-serra, così come alle diverse forme degli *stock* terrestri, possono avere luogo in tutte le categorie d'uso del territorio, che lo stesso GPG-LULUCF identifica in: foreste, suoli agricoli, prati e pascoli, zone umide, insediamenti antropici, altro (Milne e Pateh Jallow, 2003). In secondo luogo, il GPG-LULUCF precisa le metodologie che i paesi, e le agenzie deputate dai governi, devono seguire

per la stima degli *stock* di C e delle loro variazioni nelle suddette categorie d'uso del suolo presenti su tutto il territorio nazionale (Nabuurs et al., 2003); successivamente il GPG-LULUCF espone le metodologie da seguire per stimare e riportare i bilanci di C nelle sole aree che ricadono nelle attività previste dal Protocollo di Kyoto agli articoli 3.3 e 3.4 (Schlamadinger et al., 2003) e agli articoli 6 e 12 (Brown e Masera, 2003).

Anche per la compilazione dei bilanci di assorbimenti ed emissioni di gas-serra da riportare per il settore AFOLU, il Volume 4 delle 2006 IPCC *Guidelines* indica tre livelli gerarchici di metodologie. Ciò significa che è concesso a ciascun paese di usare i dati e le informazioni disponibili (sia relativi alla superficie sia ai parametri dendrometrici ed ecologici), anche stratificando il territorio a scala sub-nazionale. In altre parole, si potranno usare diverse alternative: (1) semplici equazioni basate sull'uso di dati già posseduti; (2) dati specifici nazionali; (3) modelli e altri strumenti di valutazione delle variazioni degli *stock*; (4) dati derivanti da indagini stazionali specifiche o ricerche ed esperimenti, in grado di integrare due o più dei metodi sopra citati.

È importante sottolineare che per ognuna delle sei categorie d'uso del suolo citate in precedenza, il GPG-LULUCF e le 2006 IPCC *Guidelines* richiedono di trattare in maniera separata le aree che mantengono inalterata la forma d'uso negli ultimi venti anni da quelle che invece hanno subito delle trasformazioni (transizioni), passando da una categoria d'uso del suolo ad un'altra nell'ambito delle sei categorie citate. Così, per esempio, per tutte le aree forestali dell'anno della stima occorrerà effettuare le stime degli assorbimenti e delle emissioni di C separatamente per: (a) le foreste rimaste tali negli ultimi vent'anni (*forest remaining forest*)<sup>(7)</sup>; (b) le foreste divenute tali da meno di vent'anni, a seguito di trasformazione d'uso da altre categorie d'uso del suolo (*other land converted to forest*).

Ovviamente, stessa sub-categorizzazione deve essere fatta per le colture agrarie (*cropland remaining cropland e other and converted to cropland*), e così via. Per ognuna di queste sub-categorie di uso del suolo il GPG-LULUCF ripartisce il processo di stima delle emissioni e degli assorbimenti di C in quattro sub-sezioni:

- Variazione dello *stock* di C nella biomassa viva (biomassa ipogea e biomassa epigea);
- Variazione dello *stock* di C nella sostanza organica morta (necromassa legnosa e lettiera);
- Variazione dello *stock* di C nel suolo;
- Emissioni di gas-serra non-CO<sub>2</sub> dai suoli e dalla combustione della biomassa, dagli allevamenti zootecnici e dai sistemi di gestione dei residui.

In sintesi, le 2006 IPCC *Guidelines* esaminano i cinque pool di C (biomassa viva ipogea, biomassa viva epigea, necromassa legnosa, lettiera, suolo) di ogni tipo di uso del suolo e i trasferimenti di C tra i cinque pool della stessa area. Nel caso specifico delle foreste, le 2006 IPCC *Guidelines* includono le variazioni degli *stock* di C nelle foreste a causa di attività di natura antropica, quali la realizzazione di nuove piantagioni forestali, i tagli colturali, i prelievi di legna da ardere e da opera, le perdite a causa di fattori biotici (parassiti, patogeni, ecc.) e abiotici (incendi, uragani).

Per le aree forestali, come per ogni altra categoria di uso del suolo, le variazioni degli *stock* di C sono stimate per ogni *stratum* o suddivisione interna della superficie forestale (per zona climatica, ecotipo, forma di governo, ecc.). In pratica, le variazioni degli *stock* di C all'interno d'uno *stratum* sono stimate sommando le variazioni degli *stock* di C che avvengono in tutti e cinque i *pool*, secondo l'equazione di sintesi 3.3 delle 2006 IPCC *Guidelines* (pag. 2.7):

$$\Delta CF = \Delta CAB + \Delta CBB + \Delta CNM + \Delta CS + \Delta CHWP \quad (1)$$

con:

$\Delta CF$  = variazione annuale dello *stock* di C, tC a<sup>-1</sup>

$\Delta CAB$  = variazione annuale dello *stock* di C nella biomassa viva epigea, tC a<sup>-1</sup>

$\Delta CBB$  = variazione annuale dello *stock* di C nella biomassa viva ipogea, tC a<sup>-1</sup>

$\Delta CNM$  = variazione annuale dello *stock* di C nella necromassa (legno morto e lettiera), tC a<sup>-1</sup>

$\Delta CS$  = variazione annuale dello *stock* di C nel suolo, tC a<sup>-1</sup>

$\Delta CHWP$  = variazione annuale dello *stock* di C nei prodotti legnosi prelevati, tC a<sup>-1</sup>

<sup>(7)</sup> Le linee guida IPCC specificano un valore di default di 20 anni (ma consentono di allungare questo periodo fino a 100 anni, se necessario) per prendere in considerazione le dinamiche di lungo termine del carbonio nella biomassa, nella lettiera e nel suolo.

## 6.2. I due metodi di stima delle 2006 IPCC Guidelines

Per la stima delle variazioni di C in un qualsivoglia dei cinque pool sopra menzionati, è possibile applicare due metodi alternativi: il Metodo 1 (anche chiamato Gain-Loss Method) ed il Metodo 2 (*Stock-Difference Method*).

Per il “Gain-Loss Method” è da precisare che un “gain” (incremento) per un determinato “pool” è rappresentato dalla crescita della biomassa o dal trasferimento di C da un altro pool. Per esempio, il rilascio in bosco di residui delle utilizzazioni o di disturbi naturali rappresenta un “gain” di C per il pool necromassa. Per “loss” (perdita), invece, si deve intendere il trasferimento di C a un altro pool. Per esempio, il C contenuto nei residui delle utilizzazioni rilasciato in bosco a seguito di utilizzazioni boschive è un loss per il pool biomassa epigea.

Il Metodo 1 richiede di sottrarre le perdite di C agli incrementi di C nell’anno considerato, secondo l’equazione 2.4 delle 2006 IPCC Guidelines (pag. 2.9)

$$\Delta C = + \Delta CG - \Delta CL \quad (1)$$

Con:

$\Delta C$  = variazione annuale dello *stock* di C, tC a<sup>-1</sup>

$\Delta CG$  = incremento annuale dello *stock* di C, tC a<sup>-1</sup>

$\Delta CL$  = perdita annuale dello *stock* di C, tC a<sup>-1</sup>

Il Metodo 2 richiede l’inventario del C in due anni diversi. La variazione del C in ognuno dei cinque pool (o in quelli più significativi) è uguale alla differenza tra lo *stock* di C all’anno t<sub>2</sub> e quello all’anno t<sub>1</sub>, diviso per il numero di anni tra i due inventari, secondo l’equazione 2.6 delle 2006 IPCC Guidelines (pag. 2.10):

$$\Delta C = (C_{t_2} - C_{t_1}) / (t_2 - t_1)$$

(2)

Dove:

$\Delta C$  = variazione annuale dello *stock* di C in un pool, espressa in tC a<sup>-1</sup>

C<sub>t<sub>1</sub></sub> = C *stock* in un pool al tempo t<sub>1</sub>, tC

C<sub>t<sub>2</sub></sub> = C *stock* in un pool al tempo t<sub>2</sub>, tC

Se le variazioni del C *stock* sono misurate per ettaro, allora il valore ottenuto è moltiplicato per l’area totale di ciascuno stratum, per ottenere la variazione totale del C *stock* per quello specifico pool.

Nel caso del pool biomassa,

$$C_{ij} = \sum [A_{ij} \cdot V_{ij} \cdot D_{ij} \cdot BEF2_{ij}] \cdot (1 + R_{ij}) \cdot CF$$

(3)

In generale, il Metodo 2 è preferibile quando ci sono grandi aumenti o grandi decrementi della biomassa e quando una nazione dispone di due diversi inventari accurati e confrontabili. Nel caso contrario e quando il patrimonio forestale di un paese è costituito da boschi misti, esiste il rischio che l’errore inventariale sia maggiore della stessa variazione.

Nel caso specifico italiano, data l’ampia distanza temporale in cui sono stati effettuati i due inventari forestali nazionali, peraltro non confrontabili perché basati su presupposti e disegni diversi, appare opportuno stimare le variazioni dello *stock* di C della biomassa vivente a partire dal Metodo 1.

## 6.3. Il modello “CO<sub>2</sub> fix”

Per la stima degli *stock* e flussi di C nei progetti agricoli e forestali finalizzati alla fissazione di carbonio a scala stazionale, il modello *CO<sub>2</sub> fix*, sviluppato da Schelhaas et al. (2004), è senza dubbio il modello di simulazione maggiormente usato a scala mondiale. *CO<sub>2</sub> fix* tiene conto della biomassa arborea nelle sue componenti di fusti, rami, foglie e radici, dei residui di utilizzazione, della lettiera, dell’humus e dei prodotti legnosi derivanti dalle utilizzazioni forestali (considerati in base alla durata del loro ciclo di vita). Il modello include anche un modulo per la bio-energia, per valutazioni finanziarie e per la contabilizzazione del carbon *stock* e *carbon sink*.

Il modello calcola i bilanci di C ad intervalli di un anno. Gli input di base sono: l’incremento in volume del fusto, parametro che viene normalmente misurato nelle indagini dendrometriche o più in generale negli inventari regionali o nazionali; il modello di allocazione del C ad altri compartimenti arborei (foglie, rami, radici). Il C *stock* nella biomassa viva viene calcolato come

---

bilancio tra incremento da un lato, e turnover, mortalità e utilizzazioni legnose dall'altra. La lettiera derivante dal turnover, i processi di mortalità e il rilascio di residui delle utilizzazioni costituiscono l'input per il modulo relativo alla stima del *C stock* e delle variazioni di *C* nel suolo. I prelievi legnosi sono tracciati a seconda della categoria di prodotto a cui sono indirizzati (carta, pannelli, segati.), con differenti cicli di vita, e del diverso destino finale: decomposizione in discarica, fonte di energia, e così via.

Il modulo per la bioenergia calcola i benefici in termini di emissioni di gas-serra evitate per via dell'effetto sostitutivo nei confronti delle fonti fossili di energia. Anche i residui delle utilizzazioni forestali o gli scarti di lavorazione dell'industria del legno possono rappresentare fonti di bio-energia.

Nel modulo finanziario, costi e ricavi possono essere stimati, per avere una indicazione di massima sulla convenienza economica del progetto *carbon-offset*. Nel modulo di contabilizzazione del *C*, l'utente può avere un'indicazione della quantità di crediti che possono essere generate dal progetto in relazione a differenti sistemi di accreditamento (tCERs e ICERs per i progetti CDM e il Metodo 2 per gli altri progetti). Il modello produce output in forma tabellare e grafica e consente di stimare evoluzioni temporali a scala di progetto del *C* stoccato nei diversi pool del sistema considerato.

Il modello *CO<sub>2</sub> fix* è applicabile a diverse situazioni: progetti di afforestazione e riforestazione, sistemi agroforestali, tagli selettivi.

Per ulteriori linee-guida e indicazioni tecniche per la stima degli *stock* e flussi di *C* nei *carbon project* forestali di scala stazionale si consiglia di consultare il lavoro di Diaz e Delaney (2011).

---

## 7. Inquadramento stazionale

Il Comune di Acerno gestisce un territorio silvo-pastorale di 4994,00 ha, di cui 1831,22 ha a fustaie di faggio oggetto del presente lavoro. Il territorio considerato ricade nel comprensorio della Comunità Montana Zona Monti Picentini, di cui fanno parte i comuni di: Acerno, Castiglione dei Genovesi, Giffoni sei Casali, Giffoni Valle Piana, Montecorvino Pugliano, Montecorvino Rovella, Olevano Sul Tusciano, S. Cipriano Picentino e San Mango Piemonte. Esso si estende su 25.593 ha, di cui 11.808 coperti da boschi; nell'intera area risiedono circa 50.000 abitanti.



**Figura 1. Comuni della Comunità Montana**

È situato ai confini con la provincia di Avellino, dista da Salerno, suo capoluogo di provincia, Km 40, da Montecorvino Rovella (SA) Km 18 e da Montella (AV) Km 16, il comune confina a EST: Calabritto - Senerchia – Campagna; OVEST: Giffoni Valle Piana - Montecorvino Rovella; NORD: Montella - Bagnoli Irpino; SUD: Campagna - Montecorvino Rovella - Olevano sul Tusciano. Ha una superficie territoriale di 72,32 km<sup>2</sup> con una popolazione di 3.291 abitanti ed una densità di 46 abitanti/km<sup>2</sup> (tab. 2).

L'intero territorio poggia sul substrato calcareo-dolomitico dell'Appennino Campano, in particolare su dolomie basali che risultano ridotte in condizioni pressoché cataclastiche.

Il centro urbano di Acerno si sviluppa intorno ai 700-750 m s.l.m.; esso è circondato dal gruppo dei Monti Picentini; in particolare a nord dalla dorsale del Monte Raia della Licina (1472 m s.l.m) che si estende verso E-SE fino al Piano del Gaudio (1000 - 1100 m s.l.m.); dal Piano del Gaudio il limite del comune risale lungo i crinali fino alla cima del Monte Polveracchio (1790 m s.l.m.) per poi chiudere a sud in direzione E-O su Toppo Castelluccio e Toppo Faraona (858 m s.l.m.); da Toppo della Faraona il margine occidentale del territorio comunale risale alla cima del Monte Accellica (1680 m s.l.m.) per richiudersi poi attraverso la dorsale della Savina (1300 m s.l.m.) alla Raia della Licina.

### 7.1. Dati statistici

I dati relativi ai popolamenti arborei ed il tipo di gestione effettuata sono stati tratti dal piano di assestamento forestale. Si fa presente che nel piano di assestamento l'unità inventariale non scende al di sotto della particella forestale (L.R. n°11/96 e s.s.m.).

Lo studio è stato condotto su tutta la proprietà demaniale del comune di Acerno periodicamente assestato. Le forme di governo presenti sono riportate in Tabella 3.

**Tabella 2.** Le forme di governo presenti nella proprietà demaniale del comune di Acerno.

Classe economica	Superficie (ettari)
A Fustaie di Faggio	1.831,22
B Cedui di produzione	1.846,03
C Cedui di faggio avviati all'altofusto	361,93
Zone A del Parco Regionale	471,00
Rimboschimenti	112,62
Incolti	371,20
<b>TOTALE</b>	<b>4.994,00</b>

I boschi di faggio presenti sul territorio possono essere riferiti, secondo la classificazione tipologica alla "Faggeta con tasso ed agrifoglio", che corrisponde alle seguenti classificazioni Europee:

- 41.18 *Southern Italian beech forest*, CORINE (EC, 1991)
- 9210 *Appennine beech forest with Taxus and Ilex*, Natura 2000 (EC, 1999)
- G1.68 *Southern Italian beech forest*, EUNIS (1999)

## 7.2. Il modello di valutazione e le assunzioni per la stima

Per la modellizzazione dei flussi di carbonio è stato utilizzato il programma *CO<sub>2</sub> fix* versione 3.1 (Schelhaas et al., 2004). Il modello è stato sviluppato all'interno del progetto CASFOR II (*Carbon Sequestration in Forested Landscapes*), quale strumento utile a quantificare il carbonio contenuto nella biomassa, nel suolo e nei prodotti legnosi e per stimare gli scambi di carbonio tra l'atmosfera e diverse tipologie di popolamenti arborei.

Il modello è predisposto, in particolare, per quantificare il carbonio contenuto nell'intero ecosistema forestale e quello temporaneamente fissato nei prodotti legnosi fino al termine del loro ciclo di vita. Lo schema concettuale di *CO<sub>2</sub> fix* tiene conto, infatti, della biomassa arborea (nelle sue componenti di fusti, rami, foglie e radici), dei residui di utilizzazione, della lettiera e dell'humus (componenti che racchiude nel comparto "suolo") e dei prodotti finali (considerati in base alla durata del loro ciclo di vita).

Il modello consta di sei moduli principali: biomassa, suolo, prodotti bioenergia, finanziario, accreditamento; gli ultimi tre moduli sono stati aggiunti nella versione *CO<sub>2</sub> fix* 3.1. Il modulo Bioenergia calcola i benefici derivanti dall'uso di biomassa in luogo dei combustibili fossili, in termini di riduzione delle emissioni di gas serra; il modulo Finanziario permette di dare un'indicazione dei profitti dei differenti scenari utilizzando costi e ricavi degli interventi di gestione; il modulo di accreditamento traccia tutti i flussi da e verso l'atmosfera e determina gli effetti dello scenario scelto in base a differenti approcci di contabilizzazione.

Il programma è stato applicato alle fustaie della proprietà silvo-pastorale del comune di Acerno per simulare l'evoluzione nel tempo del contenuto di carbonio dei boschi in esso ricadenti, ipotizzando quattro diversi scenari gestionali:

1. continuazione della programmazione attuale (scenario *business as usual* -BAU)
2. diminuzione del 10% della ripresa (RR10),
3. diminuzione del 20% della ripresa (RR20)
4. gestione conservativa o di tutela integrale (CONSV).

I dati riguardanti le caratteristiche dei popolamenti e la gestione in essi attualmente impostata sono stati tratti dal piano di assestamento. I parametri di input del modello *CO<sub>2</sub> fix* per il calcolo del C nella fitomassa sono stati ricavati da dati bibliografici .



---

Trattandosi di formazioni in gran parte aventi struttura multiplana, è stato necessario adattare le informazioni reperibili dal piano – per il quale l’unità inventariale non scende al di sotto della dimensione particellare – all’impostazione strutturale del modello di *CO<sub>2</sub>fix*, creato e quasi esclusivamente sviluppato su modelli coetanei. Il modello del programma di elaborazione, infatti, è impostato per ricevere un “input” partendo da una situazione a biomassa nulla per poi ritornarvi periodicamente, mentre i popolamenti a cui è stato applicato vengono “catalogati” in particelle entro le quali – nel complesso – la massa arborea rimane sempre a livelli considerevoli ed i tagli la interessano a intervalli relativamente frequenti, incidendo però solo modestamente. Si è dunque proceduto all’individuazione di un livello medio dello *stock* legnoso – riferimento iniziale per la determinazione del contenuto di carbonio complessivo dell’ecosistema – al quale sono state applicate, di volta in volta, le indicazioni di ripresa corrispondenti allo scenario di riferimento.

Per quanto concerne la ripartizione del legname esboscato nelle categorie produttive di destinazione – da porre in relazione al tempo di permanenza nell’extrabosco del carbonio fissato prima del suo ritorno in atmosfera – i dati di base sono stati ricavati dalle vendite dei lotti boschivi e degli assortimenti di segheria, oltre che da indicazioni dell’Ufficio Tecnico Forestale. Facendo riferimento agli assortimenti e ai lotti venduti, sono state individuate le loro destinazioni produttive per poi determinare, a ritroso, come si ripartissero i volumi legnosi esboscati tra i vari impieghi finali. Quest’ultimo dato – raggruppato per durate omogenee dei cicli di vita – è servito per dimensionare il ruolo del legname come “contenitore extraboschivo” di anidride carbonica.

Dalla bibliografia, infine, sono stati tratti alcuni parametri relativi alle caratteristiche evolutive dei popolamenti (p.e. rapporti dimensionali e di accrescimento tra cormomassa e rapporto chioma/radici).

---

## 8. I risultati delle elaborazioni

Le elaborazioni sono state condotte con il modello del programma *CO2 fix* descritto ai capitoli 6.3 e 7.3. Per le caratteristiche intrinseche del modello, esse sono state condotte facendo riferimento ad un ettaro “tipo” della compresa “fustaia di faggio” individuate dal piano di assestamento, corrispondente allo scenario *business as usual* di questo studio. I risultati finali sono quindi stati utilizzati lungo due passaggi successivi, in un arco temporale ciascuno di dieci anni (pari alla durata di un PAF - Piano di Assestamento Forestale). Anzitutto, il punto iniziale della curva fornita dal programma, espressione diretta della trasformazione in CO<sub>2</sub> dei volumi di fitomassa imputati nel modello, è stato utilizzato come stima del contenuto di CO<sub>2</sub> del distretto. In secondo luogo è stato preso a riferimento, nella suddetta curva, un quarantennio – suddiviso in due ventenni successivi – per quantificare le potenzialità fissative del distretto preso in esame dal presente studio. Da ultimo sono stati confrontati questi risultati con quelli ottenuti per gli altri tre scenari gestionali ipotizzati: diminuzione del 10% della ripresa, diminuzione del 20% della ripresa, gestione conservativa o di tutela integrale.

Nelle tabelle 3, 4, 5 e 6 risulta calcolato con scadenza annuale (dal 2010 al 2100) lo *stock* di carbonio totale, risultante dalla sommatoria del carbonio contenuto nella biomassa arborea, nel suolo e nei prodotti, a seconda delle diverse ipotesi gestionali.

Sulla base delle stime delle variazioni di *stock* – ottenute per differenza tra i contenuti di carbonio indicati dalle simulazioni per momenti successivi – si è previsto un incremento di 38,8 t di carbonio l’anno, nell’intero distretto, per i prossimi 30 anni, secondo la gestione *business as usual* (Tabella 6).

Nel caso di riduzione del 10% dei volumi di taglio (Tabella 3), l’incremento stimato è di 179,50 t di carbonio l’anno, mentre con una riduzione del 20% (Tabella 4) la stima porta a un incremento di 185,68 t l’anno (+18,8%).

Come è logico aspettarsi, dunque, gli incrementi in capacità fissativa aumentano con la riduzione dei volumi della ripresa. Nello scenario di completa sospensione dei tagli, ossia di ipotesi di gestione conservativa (Tabella 5) si è stimato un incremento annuo, sempre per lo stesso quarantennio, di 288 t/anno (più che doppio rispetto allo scenario “*business as usual*”). E da segnalare che, in questa ipotesi, l’affidabilità della stima è condizionata dall’incertezza sui ritmi di accrescimento, che potrebbero mutare a seguito d’una interruzione completa delle asportazioni legnose.

Un maggiore approfondimento nell’analisi – consentito dalla presentazione dei risultati anche distinti nei tre comparti biomassa, suolo e prodotti legnosi – ha permesso ulteriori considerazioni. Oltre a rilevare che le maggiori differenze d’incremento riscontrate tra i vari scenari sono da addebitare principalmente a quanto avviene nella biomassa arborea (seppur, almeno in parte, la tendenziale invarianza del comparto suolo possa dipendere da un’interazione tra gli input scelti e la struttura del programma), è interessante notare che il ruolo dei prodotti legnosi nel ‘dislocare’ carbonio atmosferico, per quanto a fronte di uno “*stock*” molto inferiore, è di un ordine di grandezza paragonabile alla funzione fissativa della biomassa vivente che lo produce.

Inoltre, l’analisi separata dei due ventenni di simulazione considerati ha mostrato come, qualsiasi sia lo scenario adottato, la funzione fissativa tenda nel tempo a decrescere, essendo la media annua incrementale maggiore nel primo (145 t di C/anno) rispetto al secondo (131 t di C/anno).

---

## 9. Valutazioni economiche

Dopo aver utilizzato, come indicato nel precedente paragrafo, un modello di contabilizzazione dei flussi di carbonio per apprezzare in che misura le modifiche nelle scelte gestionali di una compresa forestale possano interferire sul contenuto di CO<sub>2</sub> dell'atmosfera, si è cercato di valutare se, allo stato attuale e per quello futuro, esiste una convenienza economica, in relazione alle diverse ipotesi gestionali descritte in precedenza, in presenza di un mercato delle quote di emissione.

A questo scopo è stato utilizzato, cautelativamente e tenendo conto delle fluttuazioni che il mercato del carbonio ha attraversato negli ultimi anni, un prezzo di riferimento della tonnellata di CO<sub>2</sub> fissata, pari a 2 euro per il "mercato volontario" ([www.pointcarbon.com](http://www.pointcarbon.com)). Nel futuro, tuttavia, è abbastanza credibile, secondo gli scenari più autorevoli e avvalorati, che il prezzo della d'una tonnellata di CO<sub>2</sub> sia destinato ad aumentare con valori scambiati intorno a euro 14-30/tCO<sub>2</sub>. In questa situazione, per i boschi italiano, compresi quelli a basso rendimento, potrebbe essere interessante l'opzione di valorizzare la funzione fissativa del carbonio rispetto a quella di produzione legnosa.

Inoltre, nella valutazione economica di un investimento finalizzato alla valorizzazione della funzione fissativa del carbonio di una foresta andrebbero considerati anche gli altri beni e servizi ambientali e sociali (i cosiddetti servizi ecosistemici) che una foresta fornisce.

Rimanendo nella prima ipotesi, la monetizzazione degli incrementi come riportato in Allegato (Ipotesi 1 per il decennio 2010-2020 e Ipotesi 2 per il decennio 2021-2030), non subisce grossi aumenti nel corso del tempo (in un intervallo di tempo pari a 20 anni) relativamente alla gestione corrente prevista dal PAF e al prezzo imposto dal mercato volontario attuale (1,5-2,0 euro per tonnellata di CO<sub>2</sub>); i valori tendono ad avere un notevole incremento soltanto con un mercato regolato. Infatti per una gestione usuale (RR0) da euro 31.900/annui nel decennio 2010-2020 si passerebbe a circa euro 266.377/annui nel decennio 2021-2030); relativamente ad un'eventuale gestione con riduzione del prelievo di massa legnosa del 10% (RR10) si passerebbe da un valore pari a 15.858 euro/annuo per il decennio 2010-2020 a 205.366 euro/anno nel periodo 2021-2030; in una gestione con riduzione del prelievo di massa legnosa del 20% (RR20) si passerebbe da un valore pari a 15.858 euro/annui nel decennio 2010-2020 a 207.687 euro/annui per il periodo 2010-2030; infine in un'ipotesi di gestione conservativa (CONSV) si passerebbe da un valore di 15.858 euro/anno per il decennio di riferimento 2010-2020 ad un valore di 226.251 euro/anno per il decennio di riferimento 2031-2040.

Dal confronto tra i vari scenari e quelli ottenibili modificando le politiche di gestione è risultata una convenienza all'ingresso nel mercato del carbonio unicamente in corrispondenza dell'entrata in vigore di un mercato regolato, previsto per il 2020, impostando anche una gestione di riduzione dei tagli.

In altri termini, allo stato attuale e con un prezzo di mercato molto basso, le ipotetiche entrate connesse alla vendita di quote di emissione compenserebbero in parte i mancati redditi della vendita del legname soltanto a partire dal 30° anno (2031-2040). La convenienza è maggiore con una riduzione nella ripresa del 10% (*break-even-point* per RR10 = piuttosto che nello scenario di riduzione del 20% (*break-even-point* per RR20 = 20,2 euro/t). Inoltre, l'ipotesi di una completa interruzione dei tagli darebbe esiti economicamente convenienti solo con valori della tonnellata di CO<sub>2</sub> almeno pari a 60 euro/t.

---

## 10. Conclusioni

La valorizzazione dei servizi ambientali forestali sono da diversi anni al centro degli interessi della politica forestale e ambientale, in ambito europeo e nazionale. Con l'UNFCCC e il Protocollo di Kyoto sono aumentate le aspettative tra i proprietari forestali sul fatto che il servizio di *carbon sequestration* delle foreste potesse offrire nuove e innovative opportunità di mercato.

Come evidenziato in precedenza, le possibilità che ai gestori e ai proprietari forestali italiani si riconosca in forma diretta o generalizzata un premio economico per l'eventuale ruolo di assorbimento dei gas-serra legato alle attività forestali sono, in linea teorica, diverse e, a giudicare dagli attuali piani governativi, considerevoli (INEA, 2010; Ciccarese et al., 2011). Tuttavia, sul piano concreto, sono molti gli ostacoli ancora presenti.

1. Mancando ancora una decisione dell'UE di includere i crediti di carbonio forestali (e in generale quelli LULUCF) nell'EU-ETS, il commercio dei crediti LULUCF nel mercato regolamentato non sarà possibile nell'immediato futuro e sicuramente non prima del 2018. L'esclusione dei crediti forestali dall'EU-ETS non consente ai proprietari forestali italiani e europei—cosa che avviene per esempio in Usa; Australia e Nuova Zelanda—di partecipare ai mercati regolati e ricevere una remunerazione dal commercio dei RMU.

2. L'utilizzo dei RMU, come l'attività di rendicontazione dei risultati nazionali relativi all'attuazione del Protocollo di Kyoto, sono in Italia di competenza delle autorità centrali dello Stato. In altri termini non si è ritenuto finora opportuno trasferire alle Regioni e alle Province Autonome gli obblighi formali di implementazione del Protocollo di Kyoto assunti dal Governo italiano in sede internazionale. Oltre a ciò, c'è una tendenza, in Italia come in molti altri paesi europei, ad usare i RMU per ottemperare agli obblighi di Kyoto, senza per questo offrire ai proprietari forestali un corresponsione diretta per ciascun RMU usato. Ciò richiederebbe la creazione di un Registro che, al pari di quanto è stato realizzato in alcuni Stati Usa, raccolga dettagliate informazioni sulle singole proprietà forestali che chiedono di sottoporre a registrazione e monitoraggio le attività di gestione forestale. Un Registro forestale, come qualsiasi altro strumento integrativo allo schema ETS, anche se complicato, è tecnicamente possibile. Alcune Regioni (Lombardia, Toscana, Veneto) hanno in effetti valutato —con esiti per ora non sempre positivi — la possibilità, tramite la creazione di schemi regionali, di allargare a una serie di imprese non soggette all'ETS gli obblighi di contenimento delle emissioni. Parimenti nulla esclude che, a livello nazionale o di alcune Regioni, nell'ambito delle politiche di contenimento delle emissioni di gas di serra, si implementino strumenti di mercato per remunerare le attività forestali. La Delibera Cipe 123/02 (Revisione delle linee guida per le politiche e misure nazionali di riduzione delle emissioni dei gas serra, proponeva il «Piano dettagliato per la realizzazione del potenziale massimo nazionale di assorbimento di carbonio, triennio 2004-2006». L'elemento portante del Piano era rappresentato dall'istituzione del "Registro Nazionale dei Serbatoi di carbonio agro-forestali", la cui funzione primaria è rappresentata dalla certificazione delle quantità di carbonio sequestrato nei serbatoi dei sistemi agro-forestali italiani e nella contestuale autorizzazione all'impiego a detrazione di queste quantità nel bilancio nazionale di emissioni di gas serra. Oltre a ciò, il Piano regolamentava il conseguente rilascio dei relativi crediti di carbonio o RMU. Nel testo si affermava che le piantagioni effettuate nel passato con contributi comunitari non possano portare vantaggi economici ai proprietari in termini di crediti. Per le altre aree forestali "in assenza di uno specifico atto di denuncia della proprietà dei crediti di carbonio operato, presso il Registro, dal proprietario del serbatoio o dell'area che li ha generati, ed in accordo con gli impegni internazionali dell'Italia, lo Stato, per mezzo del Registro, può utilizzare, senza costi aggiuntivi, tutti i crediti di carbonio generabili in conseguenza di attività di Uso del Suolo, Variazione di Uso del Suolo e Selvicoltura". Il proprietario poteva però in ogni momento denunciare il suo diritto di proprietà sui crediti, assumendosi però la responsabilità di eventuali emissioni, fornendo al Registro una quantità pari di crediti di carbonio. Secondo questa proposta, dunque, i diritti di proprietà sul suolo e soprassuolo non varia-no, ma lo Stato poteva detenere i diritti sulla funzione di fissazione e vige la legge del silenzio-assenso nella cessione di questi diritti allo Stato. Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, con il D.M. del 1 aprile 2008, ha istituito il Registro Nazionale dei serbatoi di carbonio agro-forestali, che si

---

limita “a quantificare, nella contabilità del Protocollo di Kyoto, il bilancio netto di gas ad effetto serra generato dalla superficie nazionale in seguito alle attività di Uso delle terre, Variazione di uso delle terre e Selvicoltura”, senza fare alcun cenno alla questione del diritto di proprietà sui crediti e a modalità di remunerazione per i proprietari. Resta da capire se e come il Governo Italiano intenderà offrire in futuro, soprattutto per il post-2012, un sostegno (in forma di pagamento diretto, servizi, ecc.) a quei proprietari che si impegneranno ad adottare forme di gestione forestale (allungamento dei turni, cure colturali su piantagioni, lotta alle avversità biotiche e abiotiche) indirizzate alla massimizzazione della capacità fissativa delle foreste nazionali e del contributo al raggiungimento degli obiettivi di Kyoto.

3. Per quanto riguarda il mercato degli investimenti volontari compensativi nel settore forestale, va detto che esso è certamente un positivo elemento di novità nell'organizzazione del settore in quanto rende operativo quel principio “chi fornisce benefici ambientali viene remunerato” (*provider gets*), complementare a quello universalmente accettato del “chi inquina paga” (*polluter pays*). Compensare gli interventi addizionali di fissazione del carbonio, soprattutto quando questi sono realizzati in territori economicamente marginali, non è solo un principio di efficiente gestione del mercato, ma anche una scelta eticamente corretta, sempre che gli investimenti considerino anche requisiti di tutela ambientale e sociale. Ed essi, effettivamente, possono rappresentare un'opportunità interessante per i proprietari forestali. Esiste oggettivamente un problema di mancanza di uniformità degli standard impiegati per lo sviluppo e la vendita dei progetti volontari forestali *carbon offset*, problema che alla radice dell'attuale scarso valore di mercato dei VER forestali. Molti passi in avanti, anche nel nostro paese, devono essere fatti per dare a questo mercato elementi di trasparenza e di efficienza tramite la diffusione di requisiti minimi, standard e sistemi di controllo indipendenti. Non permanenza degli interventi, mancanza di addizionalità, *double counting* dei crediti, effetti di *leakage* sono problemi comuni di questo mercato in fase di forte sviluppo. Esiste la necessità che i progetti forestali *carbon offset* siano disegnati secondo criteri molto più rigorosi, verificati, quantificati e certificati secondo metodologie e procedure rigide e severe. In questo senso, un paio di grandi organizzazioni internazionali di certificazione hanno predisposto programmi di certificazione indipendente degli interventi compensativi forestali, soprattutto nella prospettiva di un controllo degli investimenti realizzati con i meccanismi flessibili del Protocollo di Kyoto. Evidentemente tali attività di certificazione offrono maggiori tutele agli investitori, ma alzano ulteriormente i costi amministrativi degli investimenti. In questo senso le istituzioni pubbliche, come ha fatto il *Department for Environment, Food and Rural Affairs* nel Regno Unito, possono svolgere un ruolo cruciale per garantire trasparenza e consistenza a questo tipo di mercato, senza tuttavia incidere sui costi di transazione. Pertanto, i mercati volontari del carbonio potrebbero offrire un'alternativa attraente per la commercializzazione del servizio ecosistemico di fissazione del carbonio per i proprietari forestali. Tuttavia, l'attuale basso prezzo dei crediti di carbonio sul mercato volontario rende l'alternativa della fissazione del carbonio forestale un'opportunità d'un introito addizionale piuttosto che un incentivo capace di giustificare una scelta gestionale mirata alla generazione dei crediti di carbonio come prodotto forestale principale. Infatti, come ricordato nel capitolo precedente, la completa interruzione dei tagli darebbe esiti economicamente convenienti solo con valori della tonnellata di CO<sub>2</sub> almeno pari a 60 euro/t. Nondimeno, è necessario che i proprietari forestali siano attivamente informati e considerino con attenzione le opportunità e gli effetti associati con le politiche di lotta ai cambiamenti climatici, tenendo presente che il *carbon sink* è solo uno dei servizi ecosistemici offerti dalle foreste, che si aggiunge a quelli di produzione di legna da opera e da ardere, di prodotti non-legnosi e di una serie innumerevole di beni e servizi ambientali. E, tipicamente, nel settore forestale le spinte per massimizzare gli output di un bene o servizio forestale inevitabilmente finiscono col ridurre gli output di altri beni e servizi. In sostanza, se si tira la coperta da una parte, ci si scopre dall'altra.

La valorizzazione dei crediti di carbonio forestali potrebbe essere particolarmente conveniente:

- per le proprietà forestali caratterizzate da formazioni giovani, in fase di maggiore vigore e crescita, lontane dal quel punto di *equilibrium* nel lungo periodo, di massima fissazione di carbonio;
- per le proprietà forestali non interessate prevalentemente alla produzione legnosa, ma a una selvicoltura multi-obiettivo.

In ogni caso, al momento permangono due problemi che attendono di essere risolti:

- 
- gli alti costi di transazione associati alla certificazione e alla commercializzazione dei crediti di carbonio;
  - la mancanza di trasparenza di mercato rispetto alla qualità e alla affidabilità dei certificati di carbonio volontari.

Il ruolo delle istituzioni pubbliche è fondamentale per risolvere entrambi i problemi, per esempio informando le imprese forestali e i potenziali clienti rispetto alle possibilità offerte dai mercati volontari, o raggruppando e coordinando progetti di piccola e media scala al fine di ridurre i costi di transazione, o sostenendo e sviluppando schemi affidabili di certificazione trasparente, o codici di buona condotta per i progetti di *carbon forestry*.

Infine, non ci potrà essere un'affermazione d'un mercato dei crediti di carbonio forestali in mancanza di segnali chiari da parte della politica e di quei consessi internazionali dove vengono decise le strategie internazionali per la lotta ai cambiamenti climatici e il ruolo che le attività territoriali, inclusa la selvicoltura, devono avere nel medio e lungo periodo. Le nuove domande di utilizzo dei terreni agricoli e forestali, la crescita della componente dei beni pubblici tra i servizi offerti dal settore primario, lo sviluppo di diverse politiche interessate al settore e di nuovi strumenti di incentivazione e compensazione degli operatori danno la sensazione che alla fase dei "mille fiori che fioriscono" debba ora seguire quella della razionalizzazione e del coordinamento nella *governance* delle politiche climatiche che interessano il settore primario.

4. Inoltre, è necessario che i proprietari forestali, inclusi i responsabili dei boschi del Comune di Acerno, siano attivamente informati e considerino con attenzione le opportunità, presenti e future, e gli effetti associati con le politiche di lotta ai cambiamenti climatici, tenendo presente che il *carbon sink* è solo uno dei servizi ecosistemici offerti dalle foreste, che si aggiunge a quelli di produzione di legna da opera e da ardere, di prodotti non-legnosi e di una serie innumerevole di beni e servizi ambientali.

---

## 11. Bibliografia

- Angeloni M., Perrella G., Caminiti N.M., Contaldi M., De Lauretis R., Dalla Costa M., Castellari S. (2007)** . Fourth National Communication under the UN Framework Convention on Climate Change - Italy. Ministry for the Environment, Land and Sea. 325 p. Disponibile al sito <http://unfccc.int/resource/docs/natc/itanc4.pdf>
- Brown S. e Masera O. (2003)**. Supplementary methods and good practice guidance arising from the Kyoto Protocol. LULUCF projects. Chapter 4.3: 4.89-4.120. In: Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. (J. Penman et al., editori). The Institute for Global Environmental Strategies for the IPCC and The Intergovernmental Panel on Climate Change. Hayama, Kanagawa, Japan. Disponibile al sito [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf\\_contents.html](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_contents.html)
- Ciccarese L. (2009)**. Foreste e politiche di mitigazione dei cambiamenti climatici: quali opportunità di mercato per i proprietari forestali? In: Atti del III Congresso Nazionale di Selvicoltura per il miglioramento e la e la conservazione dei boschi italiani. 16-19 ottobre 2008, Taormina (Messina). Volume 2 (A cura di O. Ciancio): 1034-1039. Accademia Italiana di Scienze Forestali Firenze.
- Ciccarese L., S. Brown, B. Schlamadinger (2005)**. Carbon sequestration through restoration of temperate and boreal forests. Capitolo 7: 111-120. In: John Stunturf e P. Madsen (eds.). Restoration of temperate and boreal forests. CRC Press/Lewis Publishers. CRC Press. Boca Raton, USA. 569 p. ISBN 1-56670-635-1.
- Ciccarese L. e Pettenella D. (2008)**. Compensazione delle emissioni di gas-serra. Gli investimenti forestali di carattere volontario. *Sherwood*, 14 (8): 5-9.
- Ciccarese L., Elsasser P., Pettenella D., Horattas H., Valatin G. (2011)**. Emergence of innovative market opportunities due to carbon sequestration in EU forest enterprises? (In cooperation): 131-153. In: *Innovation in Forestry: Territorial and Value Chain Approaches*, edited by G. Weiss, P. Ollonqvist, D. Pettenella, B. Slee. Hardback / 344 Pages / 9781845936891. Wallingford (UK). CABI. ISBN-13: 978 1 84593 689 1
- Diaz D. e Delaney M. (2011)**. Carbon Stock Assessment Guidance: Inventory and Monitoring Procedures. In *Building Forest Carbon Projects*, J. Ebeling e J. Olander (eds.). Washington, DC: Forest Trends, 2011.
- EEA (2009)**. Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2009. Tracking progress towards Kyoto targets. Report No 9/2009. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2009. ISBN 978-92-9213-035-0. 181 p. Disponibile al sito [http://www.eea.europa.eu/publications/eea\\_report\\_2009\\_9](http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2009_9)
- EEA (2010)**. Tracking progress towards Kyoto and 2020 targets in Europe. EEA Report No 7/2010. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2010. 107 p. Disponibile al sito <http://www.eea.europa.eu/publications/progress-towards-kyoto>
- FAO (2010)**. Global Forest Resource Assessment 2010. Key findings. FAO, Rome, Italy. 11p. Disponibile al sito <http://foris.fao.org/static/data/fra2010/KeyFindings-en.pdf>
- Frey C., Penman J., Hanle L., Monni S. e Ogle S. (2006)**. Chapter 3: Uncertainties. Volume 1: General Guidance and Reporting. In: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Preparato dal National Greenhouse Gas Inventories Programme (H.S. Eggleston et al., editori). Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, Technical Support Unit, Institute for Global Environmental Strategies, Kanagawa, Japan.
- Gillenwater M., Gillenwater M., Broekhoff D., Trexler M., Hyman J. e Fowler R. (2007)**. Policing the voluntary carbon market. *Nature Reports Climate Change*, 85-87.
- Hamilton K., Chokkalingam U. e Bendana M. (2010)**. State of the Forest Carbon Markets 2009: Taking Root & Branching Out. Ecosystem Marketplace, Washington (DC).

---

**Peters-Stanley M., Hamilton K., Marcello T., and Sjardin M. (2011).** Back to the Future. State of the Voluntary Carbon Markets 2011. A Report by Ecosystem Marketplace & Bloomberg New Energy Finance. 78 p. Disponibile al sito: [http://www.forest-trends.org/documents/files/doc\\_2828.pdf](http://www.forest-trends.org/documents/files/doc_2828.pdf)

**Hashimoto S. (2008).** Different accounting approaches to harvested wood products: their incentives to achievement of major policy goals. *Environmental Science & Policy* 11, p. 756-771.

**Houghton R.A. (2005).** Tropical deforestation as a source of greenhouse gas emissions. In: *Tropical deforestation and climate change* (edited by P. Moutinho and S. Schwartzman). Pp. 13-22. Belém - Pará - Brazil : IPAM - Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia; Washington DC - USA : Environmental Defense, 2005.

**INEA (2010).** Gli accordi volontari per la compensazione della CO2. Indagine conoscitiva per il settore forestale in Italia. L. Brotto, L. Ciccacese, V. Giulietti, P. Mori, D. Pettenella, L. Perugini, R. Romano (a cura di). *Quaderni INEA* 2. 237 p.

**IPCC (2006a).** 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Preparato dal National Greenhouse Gas Inventories Programme. (H.S. Eggleston et al., editori). Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan.

**IPCC (2006b).** Volume 4, Agriculture, Forestry and Other Land Use. Paustian K., Ravindranath N.H. e van Amstel A. In: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Preparato dal National Greenhouse Gas Inventories Programme (H.S. Eggleston et al., editori). Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, Technical Support Unit, Institute for Global Environmental Strategies, Kanagawa, Japan.

**IPCC (2007a).** Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 996 p.

**IPCC (2007b).** Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA., 976 p.

**IPCC (2007c).** Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 851 p.

**ISPRA Rapporto N. 136/(2011)** National Greenhouse Gas Inventory System in Italy. Year 2011. Roma

**ISPRA Rapporto N. 137/(2011)** Quality Assurance/Quality Control Plan for the Italian Emission Inventory. Year 2011. Roma

**ISPRA Rapporto N. 138/(2011)** Italian Emission Inventory 1990-2009. Informative Inventory Report 2011. Roma

**ISPRA Rapporto N. 139/(2011)** Green House Gas Inventory 1990-2009. National Inventory Report 2011. Roma

**Kosoy A. e Ambrosi P. (2010).** State and trends of the Carbon Market 2010. 78 p. Carbon Finance at the World Bank. Washington. Disponibile al sito [http://siteresources.worldbank.org/INTCARBONFINANCE/Resources/State\\_and\\_Trends\\_of\\_the\\_Carbon\\_Market\\_2010\\_low\\_res.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTCARBONFINANCE/Resources/State_and_Trends_of_the_Carbon_Market_2010_low_res.pdf)



---

**Lindner M. e Karjalainen (2007).** Carbon inventory methods and carbon mitigation potentials of forests in Europe: a short review of recent progress . European Journal of Forest Research 126 (2): 149-156.

**Milne R. e Pateh Jallow B. (2003).** Basis for consistent representation of land areas. Chapter 2: 2.1-2.29. In: Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. (J. Penman et al. The Institute for Global Environmental Strategies for the IPCC and The Intergovernmental Panel on Climate Change. Hayama, Kanagawa, Japan. Disponibile al sito [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf\\_contents.html](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_contents.html)

**Nabuurs G.J., Masera O., Andrasko K., Benitez-Ponce P., Boer R., Dutschke M., Elsidig E., Ford-Robertson J., Frumhoff P., Karjalainen T., Krankina O., Kurz W.A., Matsumoto M., Oyhantcabal W., Ravindranath N.H., Sanz Sanchez M.J., Zhang X. (2007).** Forestry. In: Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

**Nabuurs G.J., Ravindranath N.H., Paustian K., Freibauer A., Hohenstein W., Makundi W. (coordinators) (2003).** LUCF Sector Good Practice Guidance. Chapter 3. Appendix 3a.1 Harvested wood products: Basis for future methodological development. In Penman J., Gytarsky M., Hiraishi T., Krug T., Kruger D., Pipatti R., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K., Wagner F., Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry: 3.257-3.272. The Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Hayama, Japan. Disponibile al sito [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf\\_contents.html](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_contents.html)

**Nature (2009).** The carbon count. Nature 460: 436. (senza indicazione dell'autore)

**Penman J., Gytarsky M., T. Hiraishi, T. Krug, D. Kruger, Pipatti R., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K., Wagner F. (2003).** Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-induced Degradation of Forests and Devegetation of Other Vegetation Types. The Institute for Global Environmental Strategies for the IPCC and The Intergovernmental Panel on Climate Change. Hayama, Kanagawa, Japan. Disponibile al sito <http://www.IPCCnggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf.htm>

**Penman J., Kruger D., Galbally I., Hiraishi T., Nyenzi B., Emmanuel S., Buendia L., Hoppaus R., Martinsen T., Meijer J., Miwa K. e Tanabe K. (Eds). (2000).** Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.

**Pettenella D., Ciccarese L. (2009).** *Stock e flussi nel sistema forestale. Un tentativo di lettura incrociata dei dati italiani.* Sherwood, Foreste ed Alberi Oggi (154) p. 5-13.

**Pingoud K., Skog K. Martino D.L., Tonosaki M., Xiaoquan Z. (2006).** Chapter 12: Harvested Wood Products. In: Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. In: Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K. (eds). The Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Hayama, Japan.

**Regione Campania (1990).** Piano di Assestamento Forestale del Comune di Acerno. In BURC (Bollettino Ufficiale della Regione Campania)

**Rypdal K. e Paciornik N. (2006).** Chapter 1: Introduction to the 2006 Guidelines. Volume 1: General Guidance and Reporting. In: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Preparato dal National Greenhouse Gas Inventories Programme (H.S. Eggleston et al., editori). Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, Technical Support Unit, Institute for Global Environmental Strategies, Kanagawa, Japan.

---

**Schelhaas M.J. et al. (2004)** CO2FIX V 3.1 – A modelling framework for quantifying carbon sequestration in forest ecosystems. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1068. 120 blz.; 60 figs.; 4 tables.; 95 refs.

**Schlamadinger B. et al. (2003)**. Supplementary methods and good practice guidance arising from the Kyoto Protocol. Chapter 4: 4.1-4.88. In: Good Practice Guidance for Land Use, Land Use Change and Forestry. (J. Penman et al., editori) The Institute for Global Environmental Strategies for the IPCC and The Intergovernmental Panel on Climate Change. Hayama, Kanagawa, Japan. Disponibile al sito [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf\\_contents.html](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_contents.html)

**Schlamadinger B., Bird N., Brown S., Canadell P., Cicccarese L., Clabbers B., Dutschke M., Fiedler J., Fischlin A., Forner C., Freibauer A., Hoehne N., Johns T., Kirschbaum M., Labat A., Marland G., Michaelowa A., Montanarella L., Moutinho P., Murdiyarso D., Ohyantcabal W., Pena N., Penman J., Pingoud K., Rakonczay Z., Rametsteiner E., Rock J., Sanz M. J., Schneider U., Shivdenko A., Skutsch M., Smith P., Somogyi Z., Trines E., Ward M., Yamagata Y. (2007)**. A synopsis of land-use, land-use change and forestry (LULUCF) under the Kyoto Protocol and Marrakesh Accords. *Environmental Change & Policy* 10 (4), p. 271-282.

---

## 12. Elenco delle abbreviazioni

A/R	Afforestazione/Riforestazione
AAU	Assigned Amount Unit
AFOLU	Agriculture, Forestry and Other Land Use
CCBA	Climate, Community and Biodiversity Alliance
CCBS	Climate, Community and Biodiversity Standard
CCX	Chicago Climate Exchange
CDM	Clean Development Mechanism
CER	Certified Emissions Reduction
CFI	Carbon Financial Instrument
CO <sub>2</sub> eq	Anidride carbonica equivalente
CO <sub>2</sub>	Anidride carbonica (o biossido di carbonio)
ERU	Emission Reduction Unit
ETS	Emissions trading scheme
EUA	European Union Allowance
GPG	Good Practice Guidance
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
JI	Joint Implementation
ICER	Long-term Certified Emissions Reduction
LULUCF	Land use and land use change
MATM	Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.
MiPAAF	Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali
OTC	Over The Counter, ossia le transazioni all'interno del mercato volontario (a parte quelle del Chicago Climate Exchange).
PAF	Piano di Assestamento Forestale
PEFC	Programme for the Endorsement of Forest Certification
ppm	parti per milione
REDD	Reduced emissions from deforestation and forest degradation
RMU	Removal Unit
RR	Regime di Riduzione
tCER	temporary Certified Emissions Reduction
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
VCS	Voluntary Carbon Standard
VER	Voluntary (o Verified) Emissions Reduction
VERFutures	Verified Emission Reduction Futures

---

## 13. Glossario

**Assigned Amount Unit - AAU.** Permesso di emissione, ciascuno pari a una tonnellata di CO<sub>2</sub>eq., allocati fra i Paesi firmatari del Protocollo di Kyoto tenendo conto delle emissioni storiche al 1990 e dell'impegno di riduzione assegnato con la ratifica del protocollo di Kyoto.

**Adaptation (Adattamento).** Regolazione o riorganizzazione dei sistemi naturali o antropici in risposta ai cambiamenti climatici e ai loro effetti, sia verificati sia futuri, in grado di ridurre gli impatti o di cogliere le opportunità positive. Si possono identificare diversi tipi di adattamento, tra cui: anticipatorio, autonomo e pianificato.

**Additionalità.** Secondo il Protocollo di Kyoto, la riduzione delle emissioni di gas-serra o l'aumento degli assorbimenti generati dai progetti LULUCF devono essere addizionali, aggiuntivi, rispetto a quelli che sarebbero comunque avvenuti in assenza del progetto (cioè in condizioni *business as usual*). Il principio di addizionalità è rispettato quando c'è una differenza positiva tra le emissioni che avvengono nello scenario di riferimento e quelle che avvengono a progetto realizzato.

**Addizionalità finanziaria.** Si verifica solo là dove i beneficiari di un investimento, finalizzato alla fissazione di CO<sub>2</sub>, non possono trovare convenienza economica nel realizzarlo in assenza di un contributo collegato alla vendita di crediti di carbonio.

**Addizionalità tecnica.** Le attività realizzate con gli investimenti finalizzati alla fissazione di CO<sub>2</sub>, devono essere caratterizzate da una intenzionalità esplicita (rispetto alle condizioni ordinarie, "*business as usual*") per influire effettivamente sulle condizioni climatiche.

**Afforestazione.** conversione in foresta, per azione antropica, di un'area che non sia stata foresta per almeno 50 anni; l'afforestazione può essere realizzata per mezzo di piantagione, semina e/o un intervento antropico di sostegno all'affermazione delle modalità naturali di propagazione.  
**Agriculture, Forestry and Other Land Use - AFOLU.** Settore attività territoriali- LULUCF- (con aggiunta di agricoltura) a cui si fa riferimento nelle Linee guida IPCC 2006 per la predisposizione degli inventari dei gas serra.

**Assigned Amount Unit - AAU.** Ai Paesi industrializzati con obbligo di riduzione delle emissioni (Paesi dell'Annesso I del Protocollo di Kyoto) è assegnata, per il periodo 2008-12, una quantità di AAU che corrisponde al livello delle emissioni di gas-serra loro consentito dall'Art. 3 del Protocollo di Kyoto. Una AAU equivale a una tonnellata di CO<sub>2</sub> equivalente. Le AAU possono essere scambiate tra i Paesi, secondo quanto definito dal meccanismo di mercato Emissions Trading (previsto dall'Art. 17 del Protocollo di Kyoto). A differenza dei CER o degli ERU, le AAU possono essere usate solo dagli organismi nazionali.

**Baseline.** La quantità di emissioni di gas-serra che sarebbero state emesse in assenza delle azioni e delle misure adottate o del progetto compensativo. Baseline. E proprio in confronto a questa baseline che sono calcolate le quantità di CO<sub>2</sub>eq evitate o sequestrate.

**Cap and trade.** È un sistema del Mercato regolato che impone a una serie di comparti economici più energivori di non superare annualmente un tetto di emissione (*cap*), specificato per ogni impianto. Le imprese possono ridurre le proprie emissioni rispetto al *cap* allocato tramite interventi di risparmio energetico o la riduzione dei livelli di produzione, mettendo sul Mercato (*trade*) le quote di emissione non utilizzate a favore di imprese con esigenze opposte.

**Carbon Broker.** Un soggetto che svolge un ruolo di consulenza per la riduzione delle emissioni e di intermediazione tra chi intende acquistare (clienti) e chi invece produce crediti di carbonio (*partner*).

---

**Carbon offset.** Uno strumento che genera crediti di carbonio per una specifica quantità di gas-serra ridotta, evitata, o assorbita.

**Carbon sequestration.** Un processo che conduce alla sottrazione di CO<sub>2</sub> dall'atmosfera, sia attraverso processi biologici (fotosintesi clorofilliana) o processi geologici (stoccaggio di anidride carbonica in giacimenti geologici).

**Carbon sink.** Il termine *sink* (letteralmente pozzo) è usato per indicare ogni processo, attività o meccanismo che porta a un bilancio positivo tra quantità di gas serra emessi in atmosfera e rimossi dall'atmosfera in un determinato intervallo di tempo.

**Carbon source.** Ogni processo, attività o meccanismo che rilascia gas serra aerosol, o un precursore di questi ultimi, in atmosfera.

**Carbon stock.** Quantità complessiva di Carbonio (C) immagazzinata nella biomassa viva (epigea, ipogea), morta e presente nel suolo, riferita a una ben precisa area geografica (o superficie) in un determinato momento.

**Chicago Climate Exchange - CCX.** È il sistema di Mercato volontario più ampio al mondo dove si scambiano i VER (vedi). Opera secondo uno schema dove le imprese su base volontaria stabiliscono un limite di emissione che devono rispettare obbligatoriamente. Chi riduce al di sotto del target stabilito può vendere o capitalizzare per i periodi successivi mentre chi emette al di sopra del target può acquistare strumenti finanziari CCX.

**Clean Development Mechanism - CDM.** È uno degli strumenti flessibili previsto dall'articolo 12 del Protocollo di Kyoto. Il meccanismo CDM consente ai Paesi dell'Allegato I di investire in progetti in grado di ridurre le emissioni di gas serra da realizzare nei Paesi in via di sviluppo ma anche di favorire lo sviluppo tecnologico, economico e sociale di questi ultimi.

**Certified Emission Reduction - CER.** L'unità di credito prodotto da un progetto CDM, che corrisponde a una tonnellata di CO<sub>2</sub> equivalente. Un CER rappresenta la riduzione di emissioni di gas serra pari a una tonnellata di CO<sub>2</sub> equivalente.

**Chicago Climate Exchange - CCX.** È un sistema di mercato globale integrato a cui aderiscono imprese, municipalità, università, associazioni, ecc., con lo scopo di ridurre le emissioni di gas-serra, mediante progetti che portano a una riduzione delle emissioni. I membri partecipanti al CCX aderiscono sulla base di un impegno volontario, ma vincolante, di ridurre le proprie emissioni di gas-serra. Alla fine della prima fase (dicembre 2006), tutti i membri erano chiamati a ridurre le proprie emissioni del 4% rispetto a quelle del periodo di riferimento 1998-2001 (emissioni base). La Fase II, che si estende fino al 20120, chiede ai membri del CCX una riduzione delle proprie emissioni di gas-serra del 6% rispetto alle emissioni base. I membri che riducono al di sotto del target stabilito acquisiscono permessi di emissione che possono vendere o capitalizzare per periodi successivi; quelli che emettono al di sopra del target, possono acquistare strumenti finanziari CCX.

Cliente. soggetto interessato all'azzeramento delle proprie emissioni di gas clima-alteranti. Negli Accordi volontari il cliente si rivolge al *Carbon Broker* per acquistare i crediti di carbonio prodotti dal partner con un progetto finalizzato alla fissazione di CO<sub>2</sub> atmosferico o a evitare l'emissione di nuova CO<sub>2</sub>.

**CO<sub>2</sub> eq.** I gas serra hanno effetti diversi effetti sul riscaldamento globale. Il loro diverso potenziale riscaldante (*Global Warming Potential* o GWP) è, quindi, convertito in termini di CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>eq). In sostanza, fatto pari a 1 il GWP di una molecole di CO<sub>2</sub>, il GWP di una molecola di CH<sub>4</sub> è pari a 21; quello dell'N<sub>2</sub>O è pari 310 (nell'arco di 100 anni di vita).

**Compensazione.** Consiste essenzialmente nell'acquisto di crediti di carbonio per controbilanciare una corrispondente quantità di emissioni.

---

**Credito di carbonio.** Corrispettivo d'una tonnellata di t CO<sub>2</sub>eq non emessa in atmosfera o sottratta a questa da qualsiasi attività realizzata attraverso investimenti specifici.

**Emission Reduction Unit - ERU.** Una unità di credito generato da un progetto Joint Implementation, equivalente ad una tonnellata di CO<sub>2</sub> eq. Un ERU rappresenta una riduzione di emissioni di gas-serra di una tonnellata di CO<sub>2</sub> eq.

**Emission Reduction - ER.** La riduzione, misurabile, di emissioni di gas-serra in atmosfera causata da una specifica attività o in una specifica area, e all'interno di uno specifico periodo di tempo.

Ente certificatore. L'organismo di parte terza che garantisce la conformità del servizio fornito dal *carbon broker* a un documento normativo (standard).

**Emission Reduction Unit - ERU.** Unità di crediti pari a 1 tonnellata di CO<sub>2</sub> generata da progetti di *Joint Implementation* (JI).

**Emissions Trading - ET.** Meccanismo di flessibilità introdotto dal Protocollo di Kyoto che riconosce la condizione di esercitare un commercio di crediti di emissione tra i Paesi dell'Allegato I del PK (ossia i Paesi industrializzati), per esempio tra un Paese che abbia conseguito una diminuzione delle proprie emissioni di gas serra superiore al proprio obiettivo e un Paese che viceversa non sia stato in grado di rispettare i propri impegni di riduzione delle emissioni di gas-serra.

**European Union Allowance - EUA.** Un permesso di emissione in uso all'interno dell'EU-ETS. Un'unità di EUA equivale una tonnellata di CO<sub>2</sub> eq.

**European Union Emissions Trading Scheme - EU-ETS.** In rispetto agli impegni assunti con il Protocollo di Kyoto, la Commissione Europea ha emanato la Direttiva 2003/87/CE, che istituisce lo scambio di quote d'emissioni di gas ad effetto serra nella Comunità Europea. Tale sistema di scambio ha creato un mercato delle emissioni, denominato *Emissions Trading Scheme* (EU-ETS). L'EU-ETS è uno strumento economico di politica ambientale di tipo «*cap and trade*», applicato alle emissioni di gas serra, che fissa un tetto alle emissioni per le imprese e istituisce un sistema di commercio dei crediti di emissione, ovvero un mercato dei permessi di emissione.

**Forest management -(gestione forestale).** Complesso di pratiche per la conduzione e l'uso sostenibile di una foresta finalizzate al conseguimento di rilevanti funzioni ecologiche (quali ad es. la fissazione di CO<sub>2</sub> o la tutela della diversità biologica), economiche e sociali. Una delle opzioni territoriali riconosciute dall'articolo 3.4 del Protocollo di Kyoto per raggiungere gli impegni di riduzione nel periodo d'impegno 2008-2012.

**GHG, green-house gas - (gas ad effetto serra).** Un gas atmosferico, sia di origine naturale sia antropico, che assorbe o emette radiazioni a specifiche lunghezze d'onda nello spettro dell'infrarosso. Questa proprietà è alla base dell'effetto serra. I principali gas ad effetto serra atmosferici sono il vapore acqueo (H<sub>2</sub>O), l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), il biossido di azoto (N<sub>2</sub>O), il metano (CH<sub>4</sub>) e l'ozono (O<sub>3</sub>).

**Global Warming Potential – GWP.** Potenziale di riscaldamento globale di ogni gas atmosferico in rapporto al potenziale di riscaldamento dell'anidride carbonica.

**Joint Implementation - JI.** Meccanismo di flessibilità introdotto dal Protocollo di Kyoto, che consente ai Paesi dell'Allegato I di realizzare progetti per la riduzione delle emissioni di gas serra in un altro Paese industrializzato e di utilizzare i crediti derivanti, per adempiere agli impegni internazionali di contenimento o riduzione delle emissioni.

---

**Leakage.** Perdita di gas serra causata da effetti collaterali di segno opposto a quelli dell'investimento finalizzato alla fissazione di CO<sub>2</sub> (investimento compensativo) e da questo dipendente, che avviene al di fuori dei confini del progetto. Per esempio, se un intervento di afforestazione su una superficie agricola di una regione produce, per recuperare terreno agricolo, la conversione di una foresta in una superficie agricola, si produce un fenomeno di *leakage*. Nel contesto dei progetti REDD, un sinonimo di *leakage* è l'espressione *emissions displacement*.

**Land Use, Land Use Change and Forestry - LULUCF.** Letteralmente: uso del suolo, cambiamento di uso del suolo e selvicoltura. Indica un gruppo di attività territoriali previste dal Protocollo di Kyoto come meccanismo valido per il raggiungere gli obiettivi di riduzione e contenimento dei gas serra.

**Mitigation** (mitigazione). Nel gergo dell'UNFCCC, il termine include le attività tese a ridurre le emissioni di gas serra di natura antropogenica.

**Permanence.** La permanenza e la non reversibilità di una riduzione di emissioni di gas serra. La non-permanenza è un limite per le attività territoriali che portano al sequestro di carbonio, in quanto il carbonio immagazzinato in un ecosistema è teoricamente in ogni momento suscettibile di ritornare in atmosfera a causa di disturbi di varia natura (malattie, incendi, intemperie, ecc.) prima della fine del progetto carbon offset.

**Protocollo di Kyoto.** Trattato internazionale, approvato in ambito UNFCCC, ratificato in occasione della terza sessione della Conferenza delle Parti. Entrato in vigore nel 2005, quando è stato raggiunto il quorum minimo di Paesi industrializzati responsabili di almeno il 55% delle emissioni di gas-serra, il Protocollo di Kyoto richiede ai 38 Paesi industrializzati e a quelli con economia di transizione di ridurre all'interno del periodo 2008-2012 le emissioni annuali di gas serra del 5,2% rispetto a quelle del 1990 (anno base di riferimento).

**Reducing Emissions from Deforestation and Forests Degradation – REDD.** Attività di conservazione delle foreste in Paesi in via di sviluppo, tese alla riduzione delle emissioni di gas serra attraverso interventi di contenimento della deforestazione e della degradazione delle foreste.

**Reforestation (rimboschimento).** Conversione, per azione antropica, in foresta di un terreno già in precedenza forestale, ma che nel passato è stato convertito ad altri usi, realizzata per mezzo di piantagione, semina e/o azione antropica di sostegno all'affermazione di modalità naturali di propagazione.

**United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC.** La Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici approvata nel 1992 a Rio de Janeiro e, a oggi, siglata da 192 Paesi. Il suo obiettivo primario è la stabilizzazione della concentrazione dei gas serra in atmosfera, per non causare pericolose interferenze antropogeniche con il sistema climatico.

**Verified (o Voluntary) Emission Reduction – VER.** Una unità di riduzione di gas-serra nel mercato volontario, verificata da un *auditor* indipendente.

**Tabella 3 – Ipotesi di riduzione del 10% rispetto al prelievo attuale**

Anno	C stock (t/ha)	C stock totale	C sink/ha	C sink totale	tCO <sub>2</sub> cumulate	media decennale e picco	tCO <sub>2</sub> annuale	media decennale e picco
2010	4,3	7838	0,0	0	0		0	
2011	4,8	8753	-0,3	-623	-2283		-2283	
2012	5,7	10438	-1,0	-1850	-6782		-4499	
2013	7,0	12819	-2,0	-3608	-13228		-6446	
2014	8,6	15675	-3,1	-5750	-21083		-7856	
2015	10,3	18898	-4,5	-8240	-30215		-9132	
2016	12,3	22451	-6,0	-11024	-40421		-10206	
2017	14,3	26260	-7,7	-14027	-51433		-11012	
2018	16,5	30233	-9,4	-17177	-62982		-11549	
2019	18,8	34335	-11,2	-20455	-75001		-12019	
2020	21,0	38474	-13,0	-23788	-87221	-35513	-12220	-7929
2021	23,4	42777	-14,9	-27303	-100113		-12892	
2022	25,8	47227	-16,9	-30984	-113609		-13496	
2023	28,3	51787	-19,0	-34811	-127642		-14033	
2024	30,8	56475	-21,2	-38804	-142280		-14638	
2025	33,4	61236	-23,4	-42905	-157320		-15040	
2026	36,2	66217	-25,8	-47191	-173032		-15712	
2027	39,0	71473	-28,2	-51714	-189617		-16585	
2028	42,0	76966	-30,8	-56457	-207007		-17390	
2029	45,2	82716	-33,6	-61437	-225271		-18263	
2030	49,4	90517	-34,2	-62683	-229836	-159359	-4566	-14262
2031	52,6	96267	-37,2	-68176	-249980		-20143	
2032	55,0	100626	-39,8	-72901	-267303		-17323	
2033	58,3	106797	-43,0	-78651	-288387		-21083	
2034	61,9	113353	-46,2	-84676	-310477		-22091	
2035	65,7	120384	-49,7	-91048	-333844		-23366	
2036	69,7	127563	-53,2	-97476	-357411		-23568	
2037	73,6	134814	-56,8	-103958	-381181		-23769	
2038	77,6	142066	-60,3	-110459	-405017		-23836	
2039	81,6	149428	-63,9	-117033	-429122		-24105	
2040	82,8	151552	-60,1	-110020	-403406	-332360	25716	-16194
2041	86,4	158126	-63,7	-116722	-427981		-24575	
2042	88,3	161605	-66,4	-121630	-445975		-17995	
2043	91,6	167795	-69,8	-127892	-468939		-22963	
2044	95,3	174460	-73,4	-134393	-492775		-23836	
2045	99,1	181547	-77,1	-141114	-517417		-24642	
2046	103,1	188835	-80,8	-147889	-542261		-24844	
2047	107,2	196234	-84,5	-154683	-567172		-24911	
2048	111,2	203650	-88,2	-161477	-592082		-24911	
2049	115,3	211140	-91,9	-168271	-616993		-24911	
2050	119,4	218648	-95,6	-175065	-641904	-519719	-24911	-23850
2051	123,5	226192	-99,3	-181858	-666814		-24911	
2052	127,7	233792	-103,0	-188689	-691859		-25045	
2053	131,9	241446	-106,8	-195538	-716971		-25112	
2054	136,1	249137	-110,5	-202405	-742151		-25179	
2055	134,5	246299	-101,8	-186437	-683601		58550	
2056	138,1	252946	-105,6	-193304	-708780		-25179	
2057	139,3	255162	-108,0	-197699	-724895		-16115	
2058	142,2	260363	-111,2	-203558	-746381		-21486	
2059	145,4	266296	-114,5	-209748	-769076		-22695	



2060	149,0	272760	-118,1	-216176	-792644	-716825	-23568	-15968
2061	152,8	279737	-121,7	-222841	-817084		-24441	
2062	156,8	287135	-125,4	-229690	-842196		-25112	
2063	161,0	294863	-129,2	-236667	-867779		-25582	
2064	165,4	302847	-133,1	-243735	-893696		-25918	
2065	169,8	310996	-137,0	-250841	-919749		-26052	
2066	174,3	319200	-140,8	-257891	-945599		-25851	
2067	178,8	327422	-144,6	-264849	-971114		-25515	
2068	183,3	335626	-148,4	-271716	-996294		-25179	
2069	187,8	343830	-152,1	-278492	-1021137		-24844	
2070	185,5	339618	-141,4	-258971	-949561	-910623	71576	-15692
2071	189,2	346540	-145,0	-265509	-973531		-23971	
2072	190,1	348152	-147,0	-269116	-986759		-13228	
2073	192,7	352821	-149,7	-274134	-1005157		-18398	
2074	195,8	358480	-152,7	-279536	-1024964		-19808	
2075	199,2	364761	-155,7	-285121	-1045443		-20479	
2076	202,8	371353	-158,8	-290743	-1066057		-20613	
2077	206,5	378074	-161,8	-296328	-1086536		-20479	
2078	210,2	384886	-164,8	-301840	-1106747		-20211	
2079	213,9	391680	-167,8	-307242	-1126554		-19808	
2080	217,6	398419	-170,7	-312498	-1145825	-1047012	-19271	-11335
2081	221,2	405139	-173,5	-317643	-1164693		-18868	
2082	224,9	411768	-176,2	-322643	-1183023		-18331	
2083	228,4	418324	-178,8	-327495	-1200816		-17793	
2084	232,0	424806	-181,4	-332220	-1218140		-17323	
2085	235,5	431179	-183,9	-336780	-1234859		-16719	
2086	238,9	437478	-186,3	-341211	-1251108		-16249	
2087	242,3	443650	-188,7	-345496	-1266820		-15712	
2088	245,6	449729	-190,9	-349635	-1281994		-15175	
2089	248,9	455717	-193,1	-353645	-1296699		-14705	
2090	244,4	447514	-181,5	-332293	-1218408	-1223853	78291	-7258
2091	246,9	452037	-183,5	-335992	-1231972		-13563	
2092	246,6	451579	-184,0	-336981	-1235597		-3626	
2093	247,9	453905	-185,3	-339252	-1243923		-8326	
2094	249,7	457292	-186,7	-341925	-1253726		-9803	
2095	251,9	461266	-188,3	-344782	-1264201		-10475	
2096	254,2	465551	-189,9	-347675	-1274810		-10609	
2097	256,6	469928	-191,4	-350496	-1285150		-10340	
2098	259,0	474359	-192,9	-353242	-1295222		-10072	
2099	261,4	478718	-194,3	-355843	-1304756		-9535	
2100	263,8	483039	-195,7	-358333	-1313888	-1265605	-9132	-1563

**Tabella 4 – Ipotesi di riduzione del 20% rispetto al prelievo attuale**

Anno	C stock (t/ha)	C stock totale	C sink/ha	C sink totale	tCO <sub>2</sub> cumulate	media decennale e picco	tCO <sub>2</sub> annuale	media decennale e picco
2010	4,3	7838	0,0	0	0		0	
2011	4,8	8753	-0,3	-623	-2283		-2283	
2012	5,7	10438	-1,0	-1850	-6782		-4499	
2013	7,0	12819	-2,0	-3608	-13228		-6446	
2014	8,6	15675	-3,1	-5750	-21083		-7856	
2015	10,3	18898	-4,5	-8240	-30215		-9132	
2016	12,3	22451	-6,0	-11024	-40421		-10206	
2017	14,3	26260	-7,7	-14027	-51433		-11012	
2018	16,5	30233	-9,4	-17177	-62982		-11549	
2019	18,8	34335	-11,2	-20455	-75001		-12019	
2020	21,0	38474	-13,0	-23788	-87221	-35513	-12220	-7929
2021	23,4	42777	-14,9	-27303	-100113		-12892	
2022	25,8	47227	-16,9	-30984	-113609		-13496	
2023	28,3	51787	-19,0	-34811	-127642		-14033	
2024	30,8	56475	-21,2	-38804	-142280		-14638	
2025	33,4	61236	-23,4	-42905	-157320		-15040	
2026	36,2	66217	-25,8	-47191	-173032		-15712	
2027	39,0	71473	-28,2	-51714	-189617		-16585	
2028	42,0	76966	-30,8	-56457	-207007		-17390	
2029	45,2	82716	-33,6	-61437	-225271		-18263	
2030	49,3	90316	-34,5	-63122	-231448	-159505	-6177	-14423
2031	52,5	96121	-37,5	-68616	-251591		-20143	
2032	55,0	100754	-40,1	-73469	-269385		-17793	
2033	58,4	106998	-43,3	-79237	-290535		-21151	
2034	62,1	113646	-46,6	-85298	-312760		-22225	
2035	65,9	120714	-50,1	-91671	-336127		-23366	
2036	69,9	127929	-53,6	-98117	-359761		-23635	
2037	73,8	135199	-57,1	-104599	-383531		-23769	
2038	77,8	142506	-60,7	-111118	-407434		-23904	
2039	81,9	149885	-64,3	-117693	-431539		-24105	
2040	83,3	152559	-61,2	-112089	-410993	-335009	20546	-16884
2041	87,0	159261	-64,9	-118791	-435568		-24575	
2042	89,1	163198	-67,7	-123900	-454301		-18733	
2043	92,6	169553	-71,1	-130218	-477466		-23165	
2044	96,3	176346	-74,7	-136756	-501437		-23971	
2045	100,2	183525	-78,4	-143476	-526079		-24642	
2046	104,2	190868	-82,1	-150252	-550923		-24844	
2047	108,3	198321	-85,8	-157064	-575900		-24978	
2048	112,4	205793	-89,5	-163858	-600811		-24911	
2049	116,5	213282	-93,2	-170633	-625655		-24844	
2050	120,6	220809	-96,9	-177409	-650498	-528148	-24844	-23951
2051	124,7	228408	-100,6	-184221	-675476		-24978	
2052	128,9	236026	-104,3	-191033	-700454		-24978	
2053	133,1	243699	-108,1	-197863	-725499		-25045	
2054	137,3	251408	-111,8	-204730	-750678		-25179	
2055	136,3	249614	-104,3	-191015	-700387		50291	
2056	140,0	256371	-108,0	-197845	-725432		-25045	
2057	141,5	259191	-110,6	-202496	-742486		-17055	
2058	144,5	264611	-113,8	-208411	-764174		-21688	
2059	147,9	270746	-117,2	-214656	-787071		-22896	

---

2060	151,5	277338	-120,7	-221102	-810706	-730260	-23635	-16823
2061	155,3	284388	-124,4	-227767	-835146		-24441	
2062	159,4	291842	-128,1	-234598	-860191		-25045	
2063	163,6	299643	-131,9	-241556	-885706		-25515	
2064	168,0	307663	-135,8	-248606	-911557		-25851	
2065	172,5	315849	-139,6	-255693	-937542		-25985	
2066	177,0	324089	-143,5	-262707	-963258		-25716	
2067	181,5	332348	-147,3	-269647	-988706		-25448	
2068	186,0	340570	-151,0	-276478	-1013751		-25045	
2069	190,5	348792	-154,7	-283235	-1038528		-24776	
2070	188,8	345698	-145,3	-266113	-975747	-929167	62780	-16504
2071	192,6	352766	-148,9	-272614	-999584		-23836	
2072	193,9	355019	-151,0	-276459	-1013684		-14100	
2073	196,6	360036	-153,8	-281568	-1032417		-18733	
2074	199,8	365933	-156,7	-287007	-1052359		-19942	
2075	203,3	372360	-159,8	-292592	-1072839		-20479	
2076	207,0	379044	-162,8	-298196	-1093385		-20546	
2077	210,7	385856	-165,9	-303744	-1113730		-20345	
2078	214,5	392705	-168,9	-309201	-1133739		-20009	
2079	218,2	399536	-171,8	-314530	-1153278		-19539	
2080	221,9	406329	-174,6	-319749	-1172414	-1073925	-19136	-12172
2081	225,6	413050	-177,4	-324822	-1191013		-18599	
2082	229,2	419716	-180,1	-329766	-1209142		-18129	
2083	232,8	426290	-182,7	-334564	-1226734		-17592	
2084	236,3	432772	-185,2	-339215	-1243789		-17055	
2085	239,8	439145	-187,7	-343720	-1260307		-16518	
2086	243,2	445426	-190,1	-348078	-1276287		-15980	
2087	246,6	451597	-192,4	-352290	-1291730		-15443	
2088	249,9	457677	-194,6	-356374	-1306704		-14973	
2089	253,2	463628	-196,8	-360293	-1321073		-14369	
2090	249,4	456633	-186,3	-341193	-1251041	-1250021	70032	-7863
2091	251,9	461248	-188,3	-344819	-1264335		-13295	
2092	252,0	461376	-188,9	-345991	-1268633		-4297	
2093	253,4	464013	-190,2	-348298	-1277093		-8460	
2094	255,3	467584	-191,7	-350953	-1286829		-9736	
2095	257,6	471667	-193,2	-353755	-1297102		-10273	
2096	259,9	475971	-194,7	-356557	-1307375		-10273	
2097	262,3	480384	-196,2	-359304	-1317447		-10072	
2098	264,7	484797	-197,7	-361941	-1327116		-9669	
2099	267,1	489174	-199,0	-364449	-1336314		-9199	
2100	269,5	493459	-200,3	-366812	-1344976	-1298024	-8662	-2173

---

**Tabella 5 – Ipotesi di gestione conservativa**

<b>Anno</b>	<b>C stock (t/ha)</b>	<b>C stock totale</b>	<b>C sink/ha</b>	<b>C sink totale</b>	<b>tCO<sub>2</sub> cumulate</b>	<b>media decennale e picco</b>	<b>tCO<sub>2</sub> annuale</b>	<b>media decennale e picco</b>
2010	4,3	7838	0,0	0	0		0	
2011	4,8	8753	-0,3	-623	-2283		-2283	
2012	5,7	10438	-1,0	-1850	-6782		-4499	
2013	7,0	12819	-2,0	-3608	-13228		-6446	
2014	8,6	15675	-3,1	-5750	-21083		-7856	
2015	10,3	18898	-4,5	-8240	-30215		-9132	
2016	12,3	22451	-6,0	-11024	-40421		-10206	
2017	14,3	26260	-7,7	-14027	-51433		-11012	
2018	16,5	30233	-9,4	-17177	-62982		-11549	
2019	18,8	34335	-11,2	-20455	-75001		-12019	
2020	21,0	38474	-13,0	-23788	-87221	-35513	-12220	-7929
2021	23,4	42777	-14,9	-27303	-100113		-12892	
2022	25,8	47227	-16,9	-30984	-113609		-13496	
2023	28,3	51787	-19,0	-34811	-127642		-14033	
2024	30,8	56475	-21,2	-38804	-142280		-14638	
2025	33,4	61236	-23,4	-42905	-157320		-15040	
2026	36,2	66217	-25,8	-47191	-173032		-15712	
2027	39,0	71473	-28,2	-51714	-189617		-16585	
2028	42,0	76966	-30,8	-56457	-207007		-17390	
2029	45,2	82716	-33,6	-61437	-225271		-18263	
2030	48,5	88723	-36,4	-66638	-244340	-160677	-19069	-15712
2031	51,9	95040	-39,4	-72132	-264483		-20143	
2032	55,5	101669	-42,5	-77900	-285634		-21151	
2033	59,3	108591	-45,8	-83907	-307657		-22023	
2034	63,2	115788	-49,2	-90169	-330621		-22963	
2035	67,3	123278	-52,8	-96670	-354457		-23836	
2036	71,4	130804	-56,4	-103189	-378361		-23904	
2037	75,5	138330	-59,9	-109727	-402331		-23971	
2038	79,2	144941	-63,5	-116282	-426369		-24038	
2039	83,8	153420	-67,1	-122875	-450541		-24172	
2040	87,9	161019	-70,7	-129449	-474646	-356313	-24105	-22671
2041	92,1	168710	-74,4	-136151	-499221		-24575	
2042	96,4	176456	-78,0	-142908	-523997		-24776	
2043	100,6	184294	-81,8	-149721	-548975		-24978	
2044	104,9	192150	-85,5	-156551	-574020		-25045	
2045	109,3	200079	-89,2	-163418	-599200		-25179	
2046	113,6	207972	-93,0	-170249	-624245		-25045	
2047	117,9	215828	-96,7	-177042	-649155		-24911	
2048	122,1	223647	-100,4	-183800	-673932		-24776	
2049	126,4	231411	-104,0	-190520	-698574		-24642	
2050	130,6	239176	-107,7	-197222	-723149	-599010	-24575	-24850
2051	134,9	246977	-111,4	-203943	-747791		-24642	
2052	139,1	254778	-115,1	-210682	-772500		-24709	
2053	143,4	262597	-118,7	-217421	-797209		-24709	
2054	147,7	270453	-122,4	-224178	-821986		-24776	
2055	152,0	278272	-126,1	-230825	-846359		-24374	
2056	156,2	286110	-129,7	-237564	-871069		-24709	
2057	160,5	293874	-133,4	-244248	-895576		-24508	
2058	164,7	301620	-137,0	-250895	-919950		-24374	

2059	168,9	309330	-140,6	-257506	-944189		-24239	
2060	173,1	317002	-144,2	-264080	-968294	-846188	-24105	-24520
2061	177,4	324840	-147,9	-270746	-992735		-24441	
2062	181,8	332916	-151,5	-277503	-1017511		-24776	
2063	186,3	341211	-155,3	-284334	-1042556		-25045	
2064	190,9	349653	-159,0	-291201	-1067736		-25179	
2065	195,6	358205	-162,8	-298104	-1093049		-25314	
2066	200,3	366775	-166,5	-304916	-1118027		-24978	
2067	204,9	375290	-170,2	-311619	-1142602		-24575	
2068	209,6	383787	-173,8	-318229	-1166841		-24239	
2069	214,2	392192	-177,3	-324712	-1190610		-23769	
2070	218,7	400506	-180,7	-330920	-1213372	-1092121	-22762	-24508
2071	223,2	408802	-184,1	-337164	-1236269		-22896	
2072	227,7	416950	-187,4	-343207	-1258427		-22158	
2073	232,1	425008	-190,7	-349122	-1280114		-21688	
2074	236,4	432955	-193,8	-354854	-1301131		-21016	
2075	240,7	440775	-196,8	-360421	-1321543		-20412	
2076	245,4	449290	-199,8	-365823	-1341350		-19808	
2077	249,0	456029	-202,6	-371078	-1360621		-19271	
2078	253,1	463463	-205,4	-376151	-1379220		-18599	
2079	257,1	470770	-208,1	-381059	-1397215		-17995	
2080	261,0	477930	-210,7	-385801	-1414605	-1318533	-17390	-20363
2081	264,8	484962	-213,2	-390398	-1431459		-16853	
2082	268,6	491829	-215,6	-394811	-1447640		-16182	
2083	272,3	498568	-217,9	-399059	-1463218		-15578	
2084	275,9	505179	-220,2	-403161	-1478258		-15040	
2085	279,4	511625	-222,3	-407099	-1492695		-14436	
2086	282,8	517924	-224,4	-410871	-1506526		-13832	
2087	286,2	524059	-226,3	-414478	-1519754		-13228	
2088	289,5	530047	-228,2	-417921	-1532377		-12623	
2089	292,6	535888	-230,0	-421217	-1544463		-12086	
2090	295,7	541437	-231,6	-424129	-1555139	-1489649	-10676	-14053
2091	298,7	546985	-233,2	-427095	-1566017		-10877	
2092	301,7	552388	-234,8	-429879	-1576223		-10206	
2093	304,5	557680	-236,2	-432516	-1585891		-9669	
2094	307,4	562825	-237,5	-434970	-1594889		-8997	
2095	310,1	567861	-238,8	-437277	-1603349		-8460	
2096	312,8	572714	-239,9	-439383	-1611071		-7722	
2097	315,3	577402	-241,0	-441324	-1618188		-7117	
2098	317,8	581925	-242,0	-443082	-1624634		-6446	
2099	320,2	586265	-242,8	-444657	-1630408		-5774	
2100	322,4	590422	-243,6	-446067	-1635579	-1600126	-5170	-8283

**Tabella 6 – Ipotesi di gestione *business as usual***

Anno	C stock (t/ha)	C stock totale	C sink/ha	C sink totale	tCO <sub>2</sub> cumulate	media decennale e picco	tCO <sub>2</sub> annuale	media decennale e picco
2010	4,3	7838	0,0	0	0		0	
2011	7,0	12764	-2,6	-4779	-17525		-17525	
2012	10,7	19502	-5,4	-9907	-36325		-18801	
2013	14,6	26681	-8,4	-15327	-56200		-19875	
2014	17,9	32779	-11,1	-20253	-74262		-18062	
2015	21,1	38620	-13,7	-25124	-92123		-17860	
2016	24,3	44480	-16,4	-30050	-110185		-18062	
2017	27,6	50468	-19,2	-35141	-128851		-18666	
2018	30,9	56585	-22,1	-40378	-148054		-19203	
2019	34,4	62902	-25,0	-45817	-167996		-19942	
2020	38,8	71015	-26,1	-47850	-175449	-91543	-7453	-15950
2021	42,2	77277	-29,4	-53765	-197137		-21688	
2022	45,0	82368	-32,2	-59002	-216340		-19203	
2023	48,7	89180	-35,6	-65191	-239035		-22695	
2024	52,6	96249	-39,1	-71601	-262536		-23501	
2025	56,6	103720	-42,8	-78303	-287111		-24575	
2026	60,8	111320	-46,5	-85060	-311887		-24776	
2027	65,0	118938	-50,2	-91836	-336731		-24844	
2028	69,1	126556	-53,9	-98611	-361574		-24844	
2029	73,3	134247	-57,6	-105460	-386687		-25112	
2030	74,6	136536	-53,7	-98300	-360433	-284993	26254	-18498
2031	78,3	143330	-57,5	-105222	-385814		-25381	
2032	80,3	146974	-60,2	-110313	-404480		-18666	
2033	83,8	153475	-63,8	-116814	-428316		-23836	
2034	87,6	160378	-67,5	-123516	-452891		-24575	
2035	91,6	167721	-71,2	-130438	-478272		-25381	
2036	95,7	175229	-75,0	-137396	-503787		-25515	
2037	99,9	182866	-78,9	-144392	-529436		-25649	
2038	104,0	190520	-82,7	-151369	-555018		-25582	
2039	108,2	198211	-86,5	-158346	-580601		-25582	
2040	112,4	205902	-90,3	-165286	-606048	-480463	-25448	-19942
2041	116,7	213667	-94,1	-172263	-631631		-25582	
2042	120,9	221449	-97,9	-179240	-657213		-25582	
2043	125,2	229305	-101,7	-186253	-682929		-25716	
2044	129,5	237180	-105,5	-193267	-708646		-25716	
2045	127,7	233828	-96,0	-175834	-644724		63922	
2046	131,4	240531	-99,8	-182811	-670306		-25582	
2047	132,4	242472	-102,2	-187151	-686219		-15913	
2048	135,2	247636	-105,4	-193066	-707907		-21688	
2049	138,5	253606	-108,9	-199347	-730938		-23031	
2050	142,1	260161	-112,4	-205884	-754908	-680133	-23971	-14886
2051	145,9	267212	-116,1	-212660	-779752		-24844	
2052	150,0	274701	-119,9	-219618	-805267		-25515	
2053	154,3	282539	-123,8	-226723	-831319		-26052	
2054	158,7	290615	-127,7	-233902	-857640		-26321	
2055	163,2	298873	-131,7	-241117	-884095		-26455	
2056	167,7	307169	-135,6	-248277	-910348		-26254	
2057	172,3	315501	-139,5	-255364	-936333		-25985	
2058	176,8	323815	-143,3	-262341	-961915		-25582	
2059	181,4	332110	-147,0	-269226	-987162		-25246	

---

2060	178,7	327147	-135,3	-247801	-908603	-874304	78559	-16151
2061	182,4	334051	-138,9	-254430	-932909		-24306	
2062	183,0	335150	-140,8	-257891	-945599		-12690	
2063	185,5	339618	-143,6	-262908	-963997		-18398	
2064	188,5	345185	-146,5	-268347	-983939		-19942	
2065	191,9	351448	-149,6	-274024	-1004754		-20815	
2066	195,5	358040	-152,8	-279737	-1025703		-20949	
2067	199,2	364816	-155,9	-285432	-1046585		-20882	
2068	203,0	371646	-158,9	-291054	-1067198		-20613	
2069	206,7	378495	-162,0	-296566	-1087409		-20211	
2070	210,4	385325	-164,9	-301950	-1107150	-1006713	-19741	-19855
2071	214,1	392101	-167,8	-307205	-1126420		-19271	
2072	217,8	398785	-170,6	-312315	-1145153		-18733	
2073	221,4	405432	-173,3	-317295	-1163417		-18263	
2074	225,0	411970	-175,9	-322130	-1181143		-17726	
2075	228,5	418434	-178,5	-326818	-1198332		-17189	
2076	232,0	424806	-181,0	-331378	-1215051		-16719	
2077	235,4	431069	-183,4	-335772	-1231166		-16115	
2078	238,8	437240	-185,7	-340039	-1246811		-15645	
2079	242,1	443320	-187,9	-344159	-1261918		-15108	
2080	237,1	434182	-175,2	-320885	-1176577	-1186649	85341	-8106
2081	239,6	438687	-177,3	-324712	-1190610		-14033	
2082	239,0	437680	-177,8	-325536	-1193632		-3022	
2083	240,2	439804	-179,0	-327825	-1202025		-8393	
2084	242,0	443100	-180,5	-330572	-1212097		-10072	
2085	244,1	447037	-182,1	-333520	-1222907		-10810	
2086	246,5	451341	-183,8	-336542	-1233986		-11079	
2087	248,9	455772	-185,4	-339508	-1244863		-10877	
2088	251,3	460222	-187,0	-342365	-1255338		-10475	
2089	253,8	464690	-188,5	-345130	-1265477		-10139	
2090	256,2	469085	-189,9	-347749	-1275078	-1224781	-9602	-9850
2091	258,5	473407	-191,3	-350239	-1284210		-9132	
2092	260,8	477619	-192,5	-352565	-1292738		-8527	
2093	263,1	481721	-193,7	-354744	-1300728		-7990	
2094	265,2	485694	-194,8	-356777	-1308181		-7453	
2095	267,3	489558	-195,9	-358663	-1315097		-6916	
2096	269,4	493312	-196,8	-360402	-1321475		-6379	
2097	271,3	496883	-197,7	-361977	-1327250		-5774	
2098	273,2	500344	-198,5	-363406	-1332487		-5237	
2099	275,0	503640	-199,2	-364687	-1337187		-4700	
2100	269,7	493825	-187,7	-343702	-1260239	-1304970	76948	476

---