



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale
Percorso Gestione dell'Innovazione e Imprenditorialità
A.A. 2023/2024
Sessione di Laurea Luglio 2024

Il mercato volontario dei crediti di carbonio

Relatore:
Carlo Cambini

Candidata:
Alice Chazalettes

Correlatore:
Flavio Pino

Sommario

CAPITOLO 1 - I crediti di carbonio e gli effetti sul mercato	3
1.1 Le esternalità.....	3
1.2 Le esternalità negative	4
1.2.1 Rimedi all'esternalità negative.....	8
1.3 Le politiche di mercato per il controllo delle esternalità	14
1.3.1 I permessi negoziabili	14
1.4 I crediti di carbonio.....	16
1.5 Obiettivi dei crediti di carbonio	17
1.6 La storia dei crediti di carbonio	17
1.7 Classificazione dei crediti di carbonio.....	18
1.8 Vantaggi e svantaggi dei crediti di carbonio.....	26
1.9 Tipologie di mercati.....	28
1.10 Voluntary Carbon Market (VCM)	29
1.11 Corporate Offsetting	32
1.12 Il mercato volontario dei CCC.....	34
1.12.1 L'offerta di credito	34
1.12.2 La domanda di credito.....	36
1.12.3 Considerazioni finali	38
1.13 Enti certificatori	40
1.14 Requisiti di ammissibilità	43
CAPITOLO 2 – Il Biochar e il confronto fra gli enti certificatori	45
2.1 Cos'è il Biochar e i suoi utilizzi.....	45
2.2 Verra	52
2.2.1 Metodologia VM0044: Methodology for Biochar Utilization in Soil and Non-Soil Applications, v1.0.....	52
2.2.2 Criteri di ammissibilità.....	55
2.2.3 Documentazione necessaria	62
2.2.4 Tempistiche di emissione.....	64
2.2.5 Costi di certificazione e di emissione	65
2.3 Gold Standard.....	67
2.3.1 GS4GG: Gold Standard for the Global Goals	68

2.3.2 Documenti necessari	68
2.3.3 Processo di certificazione.....	68
2.3.4 Soil Organic Carbon Framework Methodology.....	73
2.3.5 Costo della certificazione	77
2.4 Puro.earth	79
2.4.1 Processo di certificazione.....	80
2.4.2 Tempistiche di certificazione e frequenza.....	83
2.4.3 Requisiti per l'ammissibilità	84
2.4.4 Requisiti per lo stabilimento di produzione dell'audit.....	86
2.4.5 Metodo di calcolo per la quantità di riduzione di Corcs	89
2.4.6 Costi di certificazione	91
2.5 South Pole	93
2.5.1 Processo di certificazione.....	94
2.5.2 Tempi e costi di certificazione	97
2.5.3 I criteri di ammissibilità	97
2.6 Confronto fra gli enti	98
2.7 Caso d'Uso con Verra.....	104
CONCLUSIONI.....	112
SITOLOGIA E BIBLIOGRAFIA.....	114
RINGRAZIAMENTI	118

CAPITOLO 1 – I crediti di carbonio e gli effetti sul mercato

1.1 Le esternalità

Nel corso degli ultimi decenni, l'intensificarsi degli impatti ambientali locali e la manifestazione di cambiamenti ambientali su scala globale sono stati causati da un forte aumento dei consumi energetici in combinazione con la crescita delle economie.

Il sistema economico ha dei gravi difetti, noti come fallimenti di mercato, che impediscono di raggiungere l'auspicata efficienza allocativa delle risorse. Lo Stato, dunque, al fine di contrastare questi difetti, interviene sull'economia.

Tali difetti partono principalmente da una prospettiva tipicamente microeconomica: si riferisce all'analisi dei comportamenti individuali di un singolo mercato, impresa o consumatore. Quindi, è possibile identificare le imperfezioni all'interno dei rapporti di scambio individuali in singoli mercati, come la presenza di esternalità negative che hanno impedito di raggiungere gli obiettivi economici e sociali desiderati.

Gli effetti che influenzano il benessere di persone che non sono coinvolte in una transazione di mercato sono noti come "esternalità". Non è possibile identificare il beneficiario o il responsabile del danno economico, né quantificare il vantaggio che dovrà pagare il beneficiario o l'ammontare del risarcimento da addebitare a colui che ha causato il danno.

Il termine "esternalità positiva" si riferisce a quando un evento economico porta vantaggi ad altri senza che sia possibile identificare o quantificare i soggetti beneficiati o il valore del vantaggio prodotto. Un esempio di esternalità positiva è la riqualificazione di un'area industriale dismessa da parte di un privato, che ha aumentato il valore degli immobili all'interno della zona senza che i proprietari degli immobili abbiano fatto nulla per

ottenere questo risultato.

Per concetto di “esternalità negative”, invece, si intende quando un soggetto economico causa danni alla collettività senza che il soggetto responsabile possa essere chiamato a risarcire il danno o senza che sia possibile quantificare il danno da addebitare al responsabile; un esempio di esternalità negative è l'inquinamento di un fiume a causa degli scarichi delle imprese insediate lungo il fiume.

In altre parole, le esternalità sono costi (esternalità negative) o benefici (esternalità positive) delle operazioni di mercato che non si riflettono sul prezzo di mercato e riguardano coloro che non partecipano al mercato. La presenza di esternalità viene affrontata attraverso l'intervento del governo sul mercato o la negoziazione tra le parti interessate, a seconda della ripartizione dei diritti di proprietà nell'economia.

1.2 Le esternalità negative

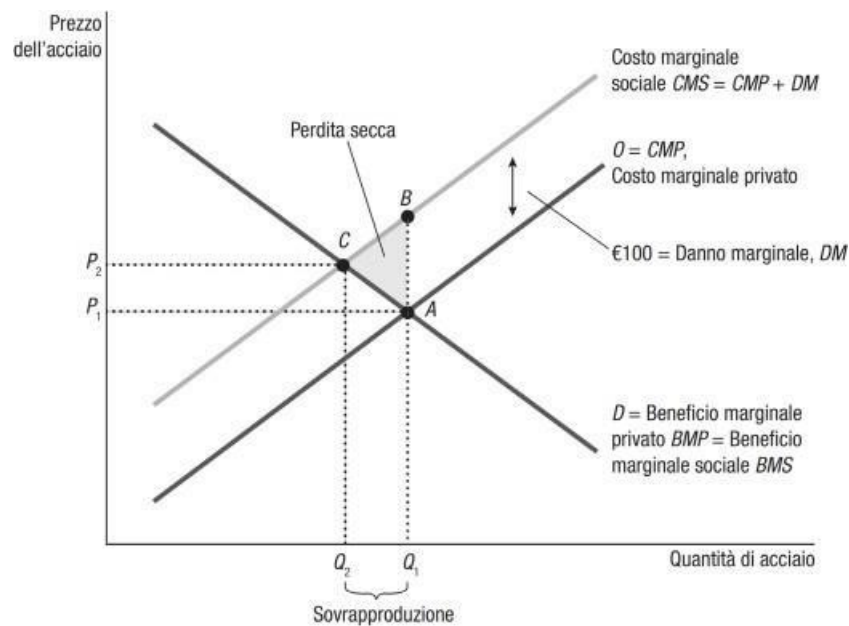
Le esternalità di produzione negative causano un cuneo all'interno dei costi marginali privati e sociali. Quest'ultimi sono definibili come segue:

- Costo marginale privato (CMP): il costo diretto per i produttori per creare un'unità aggiuntiva di un prodotto;
- Costo marginale sociale (CMS): il costo marginale privato dei produttori sommato a tutti gli altri costi associati alla produzione del prodotto ma imposti a terzi;
- Beneficio marginale privato (BMP): beneficio diretto che i clienti ricevono quando consumano un'unità aggiuntiva di un bene;
- Beneficio sociale marginale (BMS): il vantaggio marginale privato per i clienti rispetto ai costi associati al consumo imposti ad altre persone.

Il mercato è efficiente quando il costo marginale privato corrisponde al costo marginale sociale e il beneficio marginale privato al beneficio sociale marginale.

Il seguente grafico in figura 1 rappresenta un caso di esternalità di produzione negativa in cui le emissioni di un impianto siderurgico, smaltite in un fiume, danneggiano i pescatori.

Figura 1: Esternalità negative: il mercato dell'acciaio fallisce



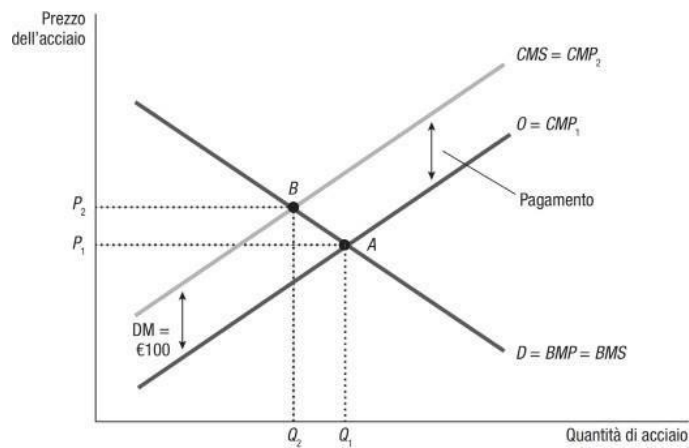
Fonte: https://moodle2.units.it/pluginfile.php/423215/mod_resource/content/1/Gregori%20-%202008_10_2021.pdf

Nel dettaglio, il costo marginale causato da un'esternalità di produzione negativa di 100 euro per unità di acciaio prodotta, chiamato anche danno marginale, è maggiore sia al costo marginale privato sia una quantità ottima sociale (Q2), la quale è inferiore rispetto alla quantità di equilibrio, nel mercato concorrenziale (Q1). La conseguenza più evidente di tutto ciò è la creazione di una sovrapproduzione pari Q1-Q2; a sua volta si può rilevare una perdita secca di benessere associata, nota anche come costo sociale. Il suo valore è uguale all'area del triangolo BCA.

Le esternalità non riescono a raggiungere la piena efficienza poiché il costo marginale privato può essere diverso dal costo marginale sociale ed il benessere marginale privato da quello sociale, in quanto i fattori impiegati non vengono utilizzati in modo ottimale. Una soluzione potrebbe essere internalizzare le esternalità: addebitare all'azienda inquinante le esternalità, aggiungendole al costo privato dell'impresa, così da addebitare il costo ai consumatori e produttori del bene.

Secondo il teorema di Coase, il governo indica chi tra coloro che producono e subiscono l'esternalità negativa ha diritto all'utilizzo dell'ambiente; in seguito, saranno le due parti a negoziare l'utilizzo della risorsa e la compensazione. Nel momento in cui i diritti di proprietà sono ben definiti e la transazione è priva di costi, la contrattazione tra la parte che crea l'esternalità e la parte che la subisce può condurre a una quantità di mercato socialmente ottima. In altre parole, se il diritto ad utilizzare un ambiente è di chi lo inquina, coloro che subiranno l'inquinamento dovranno pagare l'inquinatore per ridurre le emissioni. Se invece il diritto appartiene a chi non inquina, sarà l'inquinatore a dover negoziare, offrendo una compensazione a coloro che verranno danneggiati. Nell'esempio sopra citato, i pescatori potrebbero comprare un diritto di proprietà sul fiume o pagare il produttore di acciaio per ridurre la produzione.

Figura 2: Una soluzione rappresentata dalla Coase



Fonte: https://moodle2.units.it/pluginfile.php/423215/mod_resource/content/1/Gregori%20-%202008_10_2021.pdf

Analizzando il grafico in figura 2, è evidente che se allo stabilimento vengono addebitati 100 euro per unità di acciaio prodotta, la curva del costo marginale dell'impianto subisce una traslazione sull'asse verticale, passando da CMP_1 a CMP_2 , che coincide con la curva del costo marginale sociale. A sua volta, la quantità prodotta decresce da Q_1 a Q_2 , equiparandosi al livello di produzione socialmente ottimale. L'addebito favorisce l'internalizzazione delle esternalità e la rimozione dell'efficienza dell'esternalità negativa.

Le soluzioni Coasiane presentano però difficoltà di attuazione:

- **Problema di attribuzione di responsabilità:** stabilire di chi è la colpa. Nel nostro esempio, sono i pescatori a pagare l'impianto siderurgico per non inquinare o è l'impianto a dover pagare per inquinare.
- **Problema di holdout:** molte persone pretendono risarcimenti enormi a causa dei loro diritti di veto.
- **Problema del free rider:** gli individui tendono a sottoinvestire quando un investimento ha un costo personale ma un beneficio comune.

Ed esempio, i pescatori potrebbero non voler spendere i soldi necessari per ridurre l'inquinamento.

1.2.1 Rimedi all'esternalità negative

Risolvere le esternalità negative significa poter allocare le risorse in modo efficiente, garantendo un miglioramento netto del benessere sociale e possono essere corrette in diversi modi. Quelle private vengono attuate dai singoli cittadini, mentre quelle pubbliche necessitano dell'intervento dello Stato.

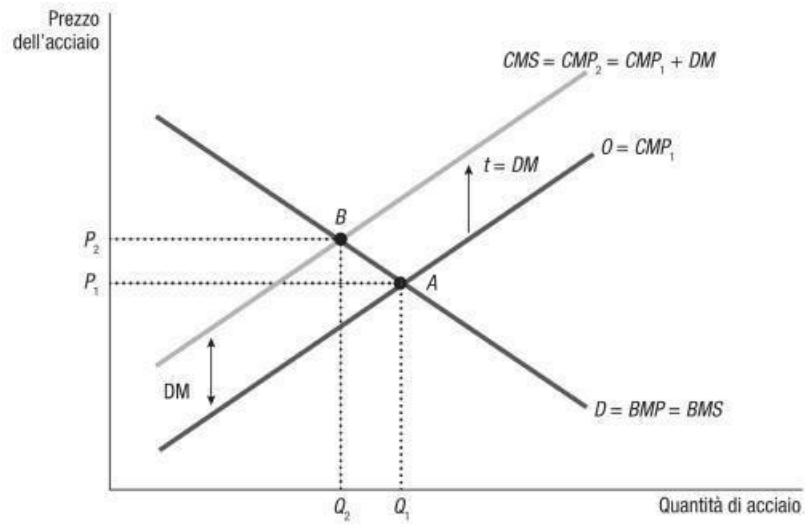
Nel caso in cui le soluzioni private non siano possibili, occorre l'intervento del settore pubblico.

I policy maker pubblici ricorrono a tre tipologie di rimedi per risolvere i problemi associati alle esternalità negative:

- **Tassazione correttiva per non invogliare l'utilizzo:**

Come mostrato nell'esempio del grafico 3, la curva marginale privata dell'impresa viene spostata da CMP_1 a CMP_2 da un'imposta di 100 euro per unità, equivalente al danno marginale dell'inquinamento. Tale curva coincide con la curva CMS . Di conseguenza, la quantità prodotta si contrae, passando da Q_1 a Q_2 , raffigurando il livello socialmente ottimale della produzione. La Coase rappresenta il pagamento: ciò causa l'internalizzazione delle esternalità e l'eliminazione dell'inefficienza dell'esternalità negativa.

Figura 3 – Tassazione come soluzione in caso di esternalità di produzione negative nel mercato siderurgico



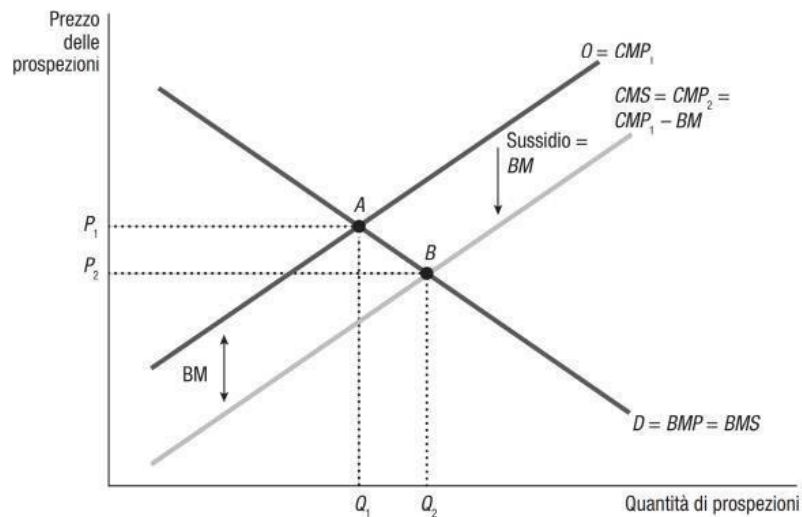
Fonte: https://moodle2.units.it/pluginfile.php/423215/mod_resource/content/1/Gregor%20%202008_10_2021.pdf

- Sussidi per incoraggiare l'uso:** le imposte e i sussidi modificano il costo o beneficio marginale privato senza influire sul costo marginale sociale. Le imposte che correggono le esternalità sono dette *“Imposte pigouviane”*

In figura 4, il grafico illustra come i sussidi rappresentino una soluzione in caso di esternalità di produzione positive nel mercato delle prospezioni di petrolio. Infatti, si può notare che il costo marginale del produttore si riduce, traslando la curva da CMP_1 a CMP_2 , andando a coincidere con la curva CMS.

Ciò avviene a causa di un sussidio pari al beneficio marginale derivante dalle propensioni petrolifere e a sua volta le quantità prodotte subiscono un aumento pari alla differenza tra Q_2 e Q_1 , che rappresenta il livello di produzione socialmente ottimo. Per la società nel suo complesso la somma è zero: o si ha la perdita di surplus da parte di produttori e consumatori del bene, o si ha perdita di surplus da parte del resto dei cittadini.

Figura 4 – I sussidi come soluzione in caso di esternalità di produzione positive nel mercato delle prospezioni di petrolio



Fonte: https://moodle2.units.it/pluginfile.php/423215/mod_resource/content/1/Gregori%20-%202008_10_2021.pdf

Come qualsiasi imposta sui beni di consumo, anche la tassa Pigouviana comporta una perdita di surplus. Si avrà una perdita secca dovuta alla tassazione e questa sarà poi divisa tra venditori e consumatori, a seconda delle elasticità relative alle curve di domanda e offerta. La tassa pigouviana permette, inoltre, di non avere perdita di benessere sociale dovuto all'esternalità. Il risparmio di surplus sarà pari alla perdita secca data dalla tassazione. Si può concludere dicendo che questa tassazione porta ai consumatori e produttori del bene tassato il costo esterno del consumo del bene.

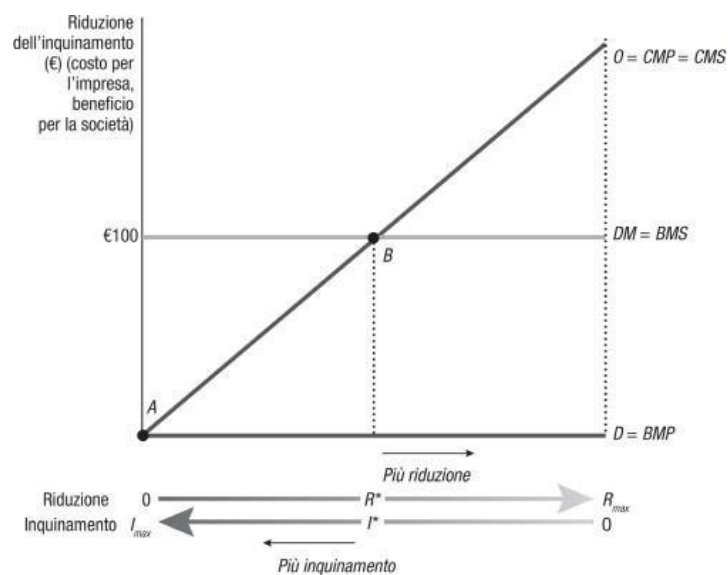
- **Regolamentazione per modificarne l'utilizzo:** si impongono dei limiti quantitativi e si controlla che siano rispettati. Questa è considerata meno efficiente poiché impone a tutti i soggetti lo stesso standard, senza tener

conto dei costi e benefici dell'utilizzo della risorsa. Le regolamentazioni possono essere classificate come segue:

- La regolamentazione della quantità garantisce che la riduzione desiderata sia ottenuta indipendentemente dal costo. Seraggiungere un valore specifico è l'obiettivo, questo è il metodo più efficace.
- La regolamentazione del prezzo attraverso l'imposta, invece, lascia incerta la quantità di riduzione, ma garantisce che il costo di riduzione non superi mai il livello dell'imposta. Al punto in cui l'imposta interseca la loro vera curva di costo marginale, le imprese non ridurranno mai l'inquinamento.

Riprendendo l'ampio riportato in precedenza, nella figura 5, viene proposto un rimedio di esternalità negativa.

Figura 5 – Il mercato delle riduzioni dell'inquinamento

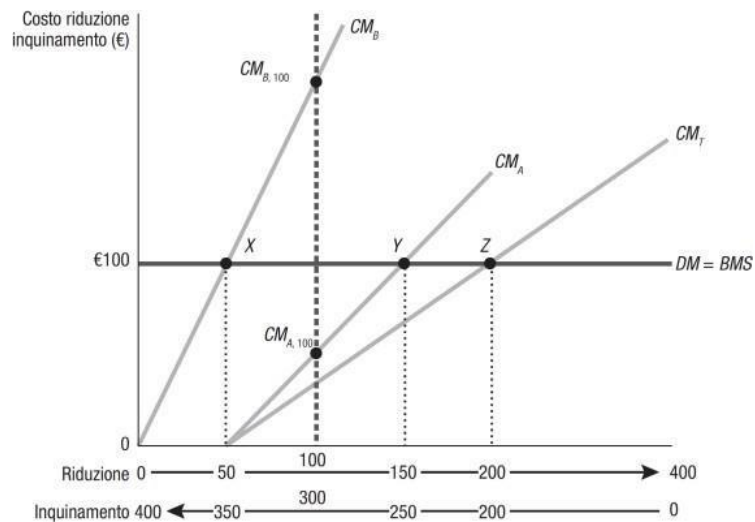


Fonte: https://moodle2.units.it/pluginfile.php/423215/mod_resource/content/1/Gregori%20%2008_10_2021.pdf

In questo caso, il costo marginale della riduzione dell'inquinamento (CMP=CMS) rappresenta una funzione crescente, mentre il beneficiario marginale della riduzione dell'inquinamento (BMS) è, secondo le ipotesi fatte precedentemente, una curva di danno marginale piatta. Analizzando il grafico da sinistra verso destra, la quantità di riduzione dell'inquinamento aumenta drammaticamente e di conseguenza decresce la quantità di inquinamento. Il livello ottimale di riduzione dell'inquinamento è R^* , ovvero il punto in cui le curve si intersecano e dal momento che, l'inquinamento è il complemento della riduzione, la quantità ottimale di inquinamento è I^* .

Riguardo la riduzione dell'inquinamento in presenza di una pluralità di imprese, l'impianto A ha un costo marginale di riduzione dell'inquinamento inferiore rispetto al CM dell'impianto B, per qualsiasi livello di riduzione. Come mostrato nella figura 6, il livello ottimale di riduzione per il mercato è il punto in cui il totale dei costi marginali eguaglia il danno marginale. Questo valore è rappresentato dal punto Z, in cui si ha una perdita di 200 unità. Una riduzione uguale, di 100 unità per ciascun impianto, è inefficiente perché il costo marginale dell'impianto B (CMb) è molto più alto del costo marginale dell'impianto A (CMA). La ripartizione ottima di questa contrazione equivale al punto in cui il costo marginale di ogni impianto corrisponde al benefico marginale sociale, non che al danno marginale. Ciò avviene nel caso in cui l'impianto A riduce l'inquinamento di 150 unità, mentre l'impianto B di 50 unità, con un costo marginale di 100 euro ciascuno.

Figura 6 – La riduzione dell'inquinamento in presenza di una pluralità di imprese

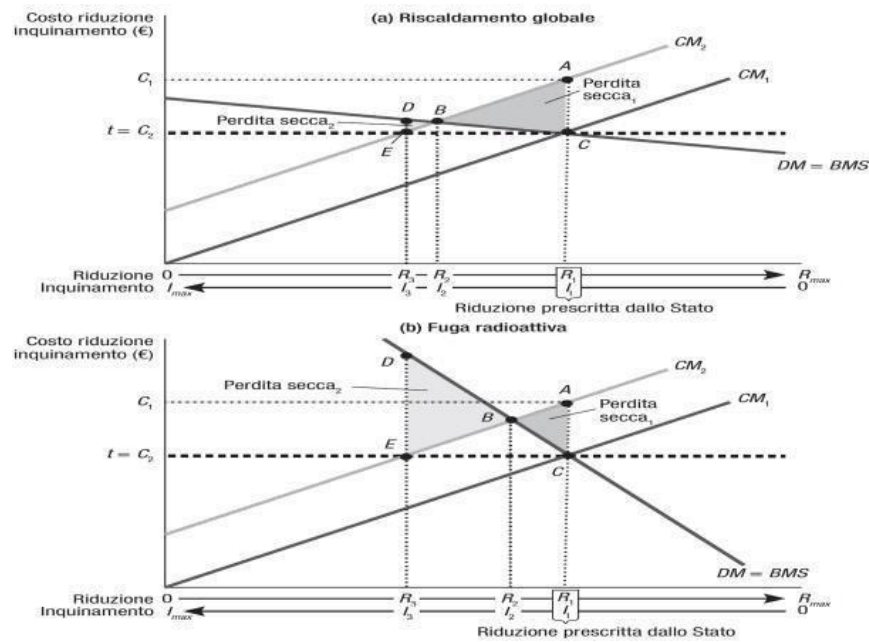


Fonte: https://moodle2.units.it/pluginfile.php/423215/mod_resource/content/1/Gregori%20-%202008_10_2021.pdf

Tuttavia, in caso di presenza di costi incerti, il mercato della riduzione dell'inquinamento si possono valutare due diverse situazioni, raffigurate in figura 7:

- Caso A: riscaldamento globale. In questa situazione, il danno marginale è sufficientemente costante su ampi intervalli di emissioni e dunque di riduzione di emissioni. Se i costi sono incerti, allora la tassazione a livello $t = C_2$ conduce a una perdita secca (DBE) inferiore rispetto la regolamentazione di R1 (ABC).
- Caso B: Fuga radioattiva. In questo caso, il danno marginale è molto ripido; essendo i costi incerti, allora la tassazione causa una perdita secca pari all'area del triangolo DBE, la quale è ben maggiore della perdita associata alla regolamentazione.

Figura 7- Il mercato delle riduzioni dell'inquinamento con costi incerti



Fonte: https://moodle2.units.it/pluginfile.php/423215/mod_resource/content/1/Gregori%20%2008_10_2021.pdf

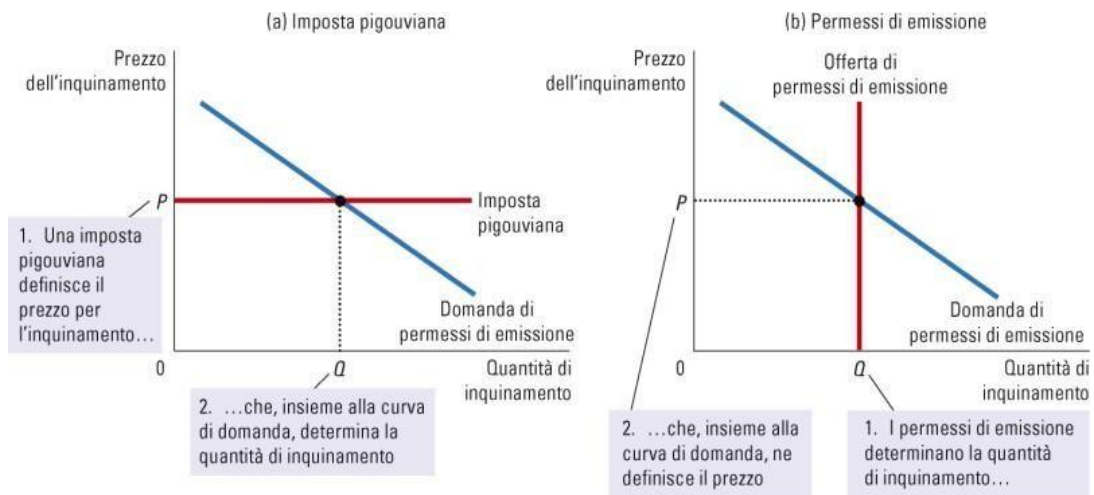
1.3 Le politiche di mercato per il controllo delle esternalità

1.3.1 I permessi negoziabili

Le imprese acquisiscono un certificato che le autorizza a produrre una quantità di inquinamento considerata socialmente efficiente; il prezzo di equilibrio nel mercato dei permessi sarà pari al costo marginale sociale, ovvero alla tassa Pigouviana.

Dalla figura 8, si può evincere che il prezzo al quale potranno essere venduti i permessi è pari alla differenza tra il prezzo che i consumatori sono disposti a pagare (Pd) e quello che i produttori sono disposti a vendere (Po).

Figura 8 – Rapporto prezzo dell'inquinamento e quantità



Fonti:

Supponiamo che le imprese acquistino tutte lo stesso numero di permessi e che questi possano essere scambiati dalle imprese: quest'ultime possono contrastare il costo di smaltimento dell'inquinamento acquistando parte dei permessi a un'altra impresa, rendendo quest'ultima più efficiente. L'efficienza dell'impresa è dunque determinata dal ricavo della vendita dei permessi.

In conclusione, la scelta dello strumento dipende dal desiderio dello Stato di ridurre l'inquinamento fino al punto di ottimo o i costi al minimo. Se vi sono esternalità il mercato ha fallito, dunque l'intervento è potenzialmente giustificato.

1.4 I crediti di carbonio

I crediti di carbonio, conosciuti anche con il termine inglese “carbon credits”, rappresentano una strategia sostenibile volta a promuovere progetti nazionali e internazionali a favore della salvaguardia ambientale e climatica.

L’obiettivo dei crediti di carbonio è quello di ridurre e assorbire i gas ad effetto serra, i quali rappresentano una delle cause principali riguardo il surriscaldamento climatico. Questa politica è anche nota con il termine “strategia Net Zero”.

I crediti di carbonio, chiamati anche certificati di emissioni ridotte (CER) o certificati di riduzione delle emissioni (CRE), sono strumenti fondamentali nella lotta contro il cambiamento climatico. Essi rappresentano quantitativamente le riduzioni delle emissioni di gas a effetto serra (GHG), come il diossido di carbonio (CO₂), nell'atmosfera.

I crediti di carbonio sono a tutti gli effetti dei certificati negoziabili: documenti o titoli che rappresentano un diritto di partecipazione inerenti a progetti di matrice green, ovvero a tutela ambientale, in cui vengono promosse attività per la riduzione e riassorbimento delle emissioni globali di anidride carbonica e per ciascuna tonnellata di gas non emesso o assorbita viene emesso titolo di credito di carbonio. Quest’ultimi sono generati, infatti, da progetti di riduzione delle emissioni, come la costruzione di impianti di energia rinnovabile o la protezione delle foreste, che riducono o evitano l'emissione di GHG.

Il credito di carbonio si forma attraverso la realizzazione di un progetto di sviluppo riconosciuto da un Ente di terze parti. Viene poi negoziato ed infine cancellato su un registro pubblico per compensare l'emissione di una tonnellata di anidride carbonica equivalente.

Questi crediti sono spesso utilizzati nel contesto del mercato del carbonio, in cui gli attori possono acquistare e vendere crediti di carbonio per compensare le proprie emissioni di gas serra. Sono, inoltre, spesso regolamentati dai governi o da organizzazioni internazionali come le Nazioni Unite.

1.5 Obiettivi dei crediti di carbonio

I crediti di carbonio hanno un ruolo chiave nella promozione di pratiche sostenibili e nella protezione dell'ambiente. Essi forniscono un incentivo finanziario per ridurre le emissioni di gas serra e promuovere pratiche sostenibili, come la produzione di energia rinnovabile, la protezione delle foreste o la promozione di pratiche agricole sostenibili. Lo scopo finale di tali progetti è, dunque, quello di favorire la riduzione delle emissioni di gas serra, fornendo un incentivo finanziario per investire in progetti che siano in grado di ridurre o evitare l'emissione di gas serra.

1.6 La storia dei crediti di carbonio

Per capire come l'emissione di anidride carbonica, prodotta principalmente dalla combustione di petrolio e carbone fossile, abbia raggiunto livelli non più sostenibili al giorno d'oggi, è sufficiente analizzare i dati diffusi dall'ONU nella definizione dell'obiettivo 13 dell'Agenda 2030¹. Le emissioni di CO₂ in tutto il mondo sono aumentate del 50% circa dal 1990, con l'aumento più rapido registrato dal 2000 al 2010 rispetto alle decadi precedenti. Dati preoccupanti hanno reso necessaria una serie di azioni per ridurre le emissioni, coinvolgendo non solo istituzioni e imprese, ma anche i singoli cittadini nel processo di decarbonizzazione.

¹Obiettivo 13: Promuovere azioni, a tutti i livelli, per combattere il cambiamento climatico, <https://unric.org/it/obiettivo-13-promuovere-azioni-a-tutti-i-livelli-per-combattere-il-cambiamento-climatico/>

Per queste ragioni, il meccanismo dei crediti di carbonio ha fatto il suo debutto con l'approvazione del Protocollo di Kyoto, un trattato internazionale che si concentra sull'ambiente, in particolare sul surriscaldamento globale, con l'obiettivo di ridurre i gas inquinanti derivanti dalle attività umane. La sua entrata in vigore nel 2005 ha permesso l'implementazione del sistema dei crediti di carbonio come un vero e proprio meccanismo finanziario in grado di compensare gli effetti di quelle emissioni che altrimenti non sarebbero state ridotte. Questo ha reso possibile l'adozione di strategie ad hoc per la mitigazione del cambiamento climatico.

I crediti di carbonio svolgono un ruolo fondamentale nel promuovere nuovi modelli di sviluppo sostenibile, e questo ruolo è particolarmente evidente all'interno dell'Accordo di Parigi del 2015, in cui sono stati confermati la presenza dei crediti di carbonio. In questo contesto, viene affrontato per la prima volta il ruolo prioritario che le aziende possono avere nella mitigazione degli effetti del cambiamento climatico.

1.7 Classificazioni dei crediti di carbonio

Le attività che diminuiscono le emissioni di gas serra o aumentano il sequestro del carbonio possono generare crediti di compensazione del carbonio.

Il CDM² identifica più di 200 tipi di progetti idonei a generare carbon offset. Questi progetti sono suddivisi in numerose categorie, i quali trattano:

- **Le energie rinnovabili:** l'utilizzo di energie rinnovabili come l'energia eolica, solare, idroelettrica e biocarburanti produce riduzioni di carbonio o emissioni di gas di scarto equivalenti.

² Clean Development Mechanism

- **La raccolta e combustione del metano:** questi sono progetti di compensazione che consumano o bruciano il metano prodotto da discariche, animali da allevamento o altri rifiuti industriali.
- **L'efficienza energetica:** progetti che utilizzano l'energia in modo sostenibile che cercano di ridurre il consumo totale di energia.
- **La distruzione di inquinanti industriali:** gli inquinanti industriali come gli idrofluorocarburi (HFC) e i perfluorocarburi (PFC) sono facilmente catturati e distrutti alla fonte, il che li rende una fonte di compensazione del carbonio ampia e a basso costo.
- **L'agricoltura:** sono progetti che riguardano l'uso del suolo. Il focus del cambiamento dell'uso del suolo e della silvicoltura è strettamente legato ai pozzi naturali di carbonio, come il suolo e le foreste. Ad esempio, gli alberi sequestrano il carbonio dall'atmosfera con grande successo; tuttavia, esistono diversi tipi di progetti, tra cui la prevenzione della deforestazione e la conservazione delle foreste esistenti, riforestazione, riforestazione.

Le iniziative per ottenere i crediti di carbonio si possono ricondurre, a loro volta, a due grandi categorie riguardanti i progetti di carbon offset. La prima, chiamata *carbon avoidance*, note anche come reductions, comprende tutte quelle azioni che limitano le emissioni di gas serra rispetto a uno scenario di base. Queste azioni includono interventi volti all'efficienza energetica, come la sostituzione di impianti di illuminazione a bassa efficienza con lampade a LED, l'installazione di pannelli solari o la promozione di pratiche agricole sostenibili. Queste azioni contribuiscono a ridurre o evitare l'emissione di gas serra, contribuendo così alla mitigazione dei cambiamenti climatici.

La seconda categoria, chiamata *carbon removal*, comprende, invece, progetti l'assorbimento e la cattura di CO₂ direttamente dall'atmosfera. Queste attività possono includere pratiche di gestione sostenibile delle foreste, come piantare nuovi alberi o proteggere degli habitat naturali, che contribuiscono alla rimozione di CO₂ dall'atmosfera oppure progetti che prevedono l'utilizzo di tecnologie per catturare la CO₂: ne sono esempio l'installazione di impianti di cattura e stoccaggio del carbonio (CCS) presso le industrie o la promozione di tecnologie di cattura e utilizzo del carbonio (CCU) per trasformare la CO₂ in prodotti utili.

Come si può evincere dai dati in *figura 9*, gli acquirenti del VCM hanno mostrato interesse nell'acquistare crediti derivanti da progetti basati sulla natura piuttosto che sulla tecnologia. I consumatori erano molto propensi anche a comprendere se un credito di carbonio rappresentasse una riduzione delle emissioni future, principalmente derivante da soluzioni tecnologiche quali Processi Chimici, Manifattura Industriale, Efficienza Energetica, Cambio di Carburante, Dispositivi Domestici/Comunitari, Rinnovabili, Trasporti, Smaltimento dei Rifiuti, Agricoltura, oppure se riguardasse la rimozione e il sequestro di biossido di carbonio dall'atmosfera, tipicamente associati a soluzioni come Afforestazione/Riforestazione/Rivegetazione, Agroforestazione, comprendente, tuttavia, anche la Rimozione Industriale di Carbonio e la Produzione di Biochar. I dati EM mostrano che attualmente c'è un premio nel Voluntary Carbon Market per le rimozioni durature rispetto alle riduzioni delle emissioni, come si può dedurre dal valore monetario. Degni di nota sono anche i progetti che rappresentano entrambe le categorie, come il Miglioramento della Gestione Forestale (IFM), il REDD+, e la Gestione Sostenibile delle Terre Agricole. In dettaglio, l'analisi EM pone in evidenza come i crediti rappresentanti

le rimozioni hanno un prezzo medio quasi due volte e mezza quello dei crediti di riduzione nel 2022, in linea con il significativo premio per le rimozioni nel 2021.

Il volume di crediti di rimozione scambiati è diminuito del 30 per cento rispetto al 2021, mentre il volume di transazioni per i crediti di riduzione è diminuito del 52 per cento, indicando una domanda costante per le rimozioni di carbonio, nonostante la contrazione generale del Voluntary Credit Carbon.

Figura 9 – VCM, Variazione dei volumi, prezzi e valore, Reductions vs Removals, 2021-2023

REMOVAL VS. REDUCTION	2021			2022			2023 (YTD)
	VOLUME (MTCO ₂ e)	VALUE (USD)	PRICE (USD)	VOLUME (MTCO ₂ e)	VALUE (USD)	PRICE (USD)	PRICE (USD)
REMOVALS	18	\$141M	\$7.84	12.7	\$150M	\$11.80	\$14.78
REDUCTIONS	268	\$635M	\$2.37	128.4	\$612	\$4.76	\$4.69
BOTH	192.5	\$1.1Bn	\$5.56	67.1	\$716M	\$10.66	\$10.04

Fonti: Forest Trends' Ecosystem Marketplace. 2023. State of the Voluntary Carbon Markets 2023. Washington DC: Forest Trends Association

I crediti di carbonio possono classificati in un ulteriore modo, tramite il raggruppamento in due categorie principali di progetti:

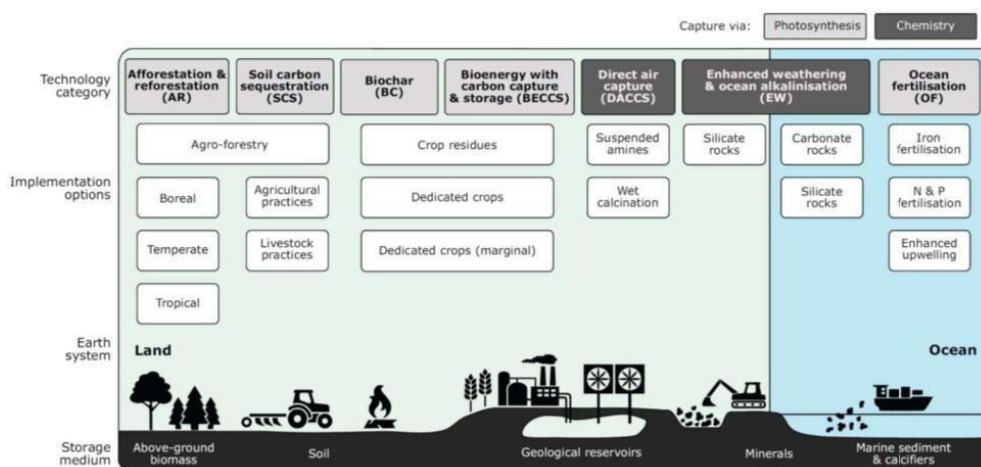
- Nature Based Solutions (NBS), che comprendono azioni volte all'ampliamento, alla conservazione o alla tutela di ecosistemi naturali;
- Technology Based Solutions (TBS), che si basano su soluzioni tecnologiche come l'efficienza energetica o la generazione di energia pulita.

I progetti NBS includono azioni che contribuiscono alla riduzione delle emissioni di gas serra, come la protezione delle foreste, la gestione sostenibile delle terre agricole e la conservazione degli habitat naturali. Questi progetti si concentrano sulla conservazione e

il ripristino degli ecosistemi naturali, che possono assorbire grandi quantità di CO₂ dall'atmosfera.

I progetti TBS, d'altra parte, si concentrano sull'utilizzo di tecnologie innovative per ridurre o evitare l'emissione di gas serra. Come già anticipato, questi possono includere progetti di efficienza energetica, come la sostituzione di impianti di illuminazione a bassa efficienza con lampade a LED o l'installazione di pannelli solari per generare energia pulita. In figura 10, sono sintetizzate le modalità di sequestro di anidride carbonica presenti attualmente.

Figura 10- Modalità di sequestro della CO₂



Fonte: Tassonomia delle tecnologie per sequestrare, catturare e stoccare la CO₂. Fonte: Minx et al. (2018) <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aabf9b/pdf>

Entrambe le categorie di progetti hanno il potenziale per generare crediti di carbonio, che possono essere scambiati e utilizzati per compensare le emissioni di gas serra da altre fonti. Inoltre, i progetti TBS possono anche contribuire alla rimozione di CO₂ dall'atmosfera, offrendo ulteriori vantaggi per la mitigazione dei cambiamenti climatici. Come illustrato in figura 11, nel corso del 2021-2022, i volumi di crediti NBS (Nature-Based Solutions) e crediti basati su tecnologia VCM si sono parificati, sebbene i prezzi dei crediti NBS siano più che raddoppiati. Nei dati preliminari del VCM del 2023, si può prevedere un premio ancora maggiore per i crediti NBS. L'obiettivo principale dei crediti

basati sulla natura è il REDD+, talvolta ci sono anche altri tipi all'interno delle categorie del progetto Agricoltura e Foreste e Uso del Territorio, come la gestione sostenibile delle terre agricole, l'afforestazione, la riforestazione e la riforestazione (ARR), l'agroforestazione, il miglioramento della gestione forestale (IFM), il carbonio blu (come mangrovie, praterie marine, ecc.). Nel 2023, si può identificare ancora una domanda differenziata di crediti in queste categorie, con un ulteriore aumento del prezzo medio dei crediti Agricoltura e Foreste e Uso del Territorio, mentre gli aumenti dei prezzi del 2022 hanno subito una contrazione per categorie come l'Efficienza Energetica, il Cambio di Carburante e le Energie Rinnovabili.

Tabella 11 – Volumi, prezzi e valute totali del VCM, Nature-based Solutions vs Technology-based Projects, 2021-2023









TYPE	2021			2022			2023 (YTD)
	VOLUME (MtCO ₂ e)	VALUE (USD)	PRICE (USD)	VOLUME (MtCO ₂ e)	VALUE (USD)	PRICE (USD)	PRICE (USD)
NATURE-BASED	243	\$1.4Bn	\$5.80	117	\$1.2Bn	\$10.17	\$10.61
TECHNOLOGY-BASED	270	\$640M	\$2.37	130	\$617M	\$4.76	\$4.66

Fonti: Forest Trends' Ecosystem Marketplace. 2023. State of the Voluntary Carbon Markets 2023. Washington DC: Forest Trends Association

Queste attività appartengono al meccanismo chiamato "offsetting", che consiste nel finanziare progetti esterni alla catena di valore aziendale, certificati per la tutela dell'ambiente con lo scopo di neutralizzare le emissioni residue di gas serra.

Nella *tabella 12* seguente, sono riportate sinteticamente le due classificazioni appena illustrate.

Tabella 12 – Classificazione dei crediti di carbonio

	NATURE-BASED SOLUTIONS Forestry / Agriculture	TECHNOLOGICAL Energy/ Industry
CARBON AVOIDANCE	 FOREST PROTECTION La deforestazione evitata porta a un miglioramento nella gestione della terra che si traduce in una riduzione delle emissioni di CO ₂ .	 RENEWABLE ENERGY Sostituzione centrali elettriche basate sui combustibili fossili con nuovi progetti di energia rinnovabile.
CARBON AVOIDANCE AND REMOVALS	 SOIL CARBON I cambiamenti nella gestione della terra mantengono o aumentano il contenuto di carbonio nel suolo.	 EFFICIENT COOKSTOVES & CLEAN WATER Cucinare o far bollire l'acqua con stufe efficienti riduce l'uso di energia fino all'80%.
CARBON REMOVALS	 AFFORESTATION/REFORESTATION La crescita degli alberi assorbe CO ₂ dall'atmosfera.	 DIRECT AIR CAPTURE La CO ₂ viene rimossa dall'atmosfera e immagazzinata nel sottosuolo.
	 BIOCHAR La biomassa viene riscaldata ad alte temperature per prendere una forma stabile (alto contenuto di carbonio).	 CO2 TO DURABLE CARBON La CO ₂ viene rimossa dall'atmosfera e trattenuta in materiali a lunga durata.

CREDITI DI CARBONIO

Fonti: https://carbonsink.it/wp-content/uploads/2022/02/Crediti_di_Carbonio_ITA-1.pdf

Nel dettaglio, la *tabella 13* identifica i progetti sovvenzionati in ciascun sottogruppo.

Tabella 13 – Tipologie di progetti

AVOIDANCE NBS	AVOIDANCE TECH	
FORESTRY MANAGEMENT E PROGETTI REDD+ I progetti di Forestry Management e Redd+ (UN Program Reduced Emission from Deforestation and forest Degradation) evitano le emissioni causate dalla deforestazione, attraverso la protezione delle foreste. I progetti vengono sviluppati con il coinvolgimento attivo delle comunità locali, con benefici ambientali e sociali.	WATER ACCESS E COOKSTOVES PROJECTS I progetti Water Access riducono le emissioni fornendo acqua pulita alle comunità locali, che normalmente la devono bollire per renderla potabile. I progetti Efficient Cookstove riducono le emissioni attraverso la fornitura di stufe efficienti alle comunità locali, che normalmente consumano molta legna e carbone per le esigenze quotidiane. Questi progetti vengono definiti community-based perché generano un impatto positivo sul clima e migliorano la qualità della vita delle comunità locali (salute, acqua potabile, istruzione).	ENERGIE RINNOVABILI Solar - Hydro - Wind. Questi progetti evitano le emissioni attraverso la produzione di energia da fonti rinnovabili (solare, idroelettrica ed eolica) che va a sostituire l'utilizzo di fonti fossili. Hanno quindi un impatto diretto sulla mitigazione dei cambiamenti climatici.
REMOVAL NBS	REMOVAL TECH	
BLUE CARBON Il "Blue Carbon" è il carbonio immagazzinato negli ecosistemi costieri e marini. Esso viene catturato dagli oceani e dagli ecosistemi costieri del mondo, diversamente dal carbonio verde che viene immagazzinato dalle foreste e dai loro suoli. Questi progetti si caratterizzano per la tutela e la conservazione di habitat marini e costieri fragili, con misure per tutelarli e valorizzarli.	AGROFORESTRY E CLIMATE-SMART AGRICULTURE L'agrosilvicoltura (agroforestry) è l'integrazione intelligente degli alberi nei sistemi agricoli per evitarne il degrado e migliorarne l'adattamento ai cambiamenti climatici. Climate-Smart Agriculture è l'innovazione applicata all'agricoltura per uno sviluppo agricolo sostenibile. In entrambi i casi, si parla di Nature-Based Solutions (NBS) .	TECHNOLOGICAL REMOVAL I removal tecnologici rimuovono il carbonio in eccesso direttamente dall'atmosfera o lo catturano alla fonte, per stoccarlo in modo permanente. Queste tecnologie sono in fase di sviluppo. I progetti non sono ancora certificati e non possono essere utilizzati per compensare le emissioni residue.

Fonte: Rielaborazione personale: https://carbonsink.it/wp-content/uploads/2022/02/Crediti_di_Carbonio_ITA-1.pdf

Infine, un'altra differenza tra i crediti di carbonio è quella tra crediti di riduzione delle emissioni e crediti di compensazione delle emissioni.

I *Crediti di Riduzione delle Emissioni* rappresentano una riduzione effettiva delle emissioni di gas serra rispetto a un'attività di riferimento perché sono generati da progetti che implementano azioni concrete per ridurre le emissioni, come i progetti di miglioramento dell'efficienza energetica.

I *Crediti di Compensazione delle Emissioni*, anche noti come "offset", sono crediti che vengono acquistati per compensare le emissioni di gas serra non ridotte direttamente da un'organizzazione o da un'attività specifica. I CCE sono generati da progetti che assorbono o rimuovono anidride carbonica (CO₂) dall'atmosfera o riducono le emissioni di altri gas serra in modo da bilanciare le emissioni prodotte altrove.

Acquistando CCE le imprese possono compensare parte o tutte le proprie emissioni di gas serra, contribuendo all'equilibrio climatico, aiutando a raggiungere gli obiettivi di riduzione delle emissioni e contribuendo alla mitigazione dei cambiamenti climatici.

In conclusione, i crediti di carbonio rappresentano uno strumento importante nella lotta contro il cambiamento climatico, poiché forniscono un incentivo finanziario per ridurre le emissioni di gas serra e promuovere pratiche sostenibili, costituendo una parte essenziale della cosiddetta "Climate Finance", che comprende tutti i finanziamenti, sia pubblici che privati, destinati a progetti e programmi di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici. L'obiettivo è incoraggiare la transizione verso la "Climate Neutrality" e verso uno sviluppo sostenibile.

1.8 Vantaggi e svantaggi dei crediti di carbonio

In molti campi, i crediti di carbonio offrono vantaggi significativi. In termini di azione climatica, le imprese possono compensare le emissioni di gas serra incentivando la riduzione delle emissioni attraverso progetti sostenibili. Un altro vantaggio potenziale dei crediti di carbonio è la conservazione della biodiversità. I progetti di gestione sostenibile del territorio o di protezione delle foreste possono preservare habitat vitali, specie vegetali e animali e promuovere i servizi di ecosistemi. I crediti di carbonio rappresentano un mezzo pratico per finanziare progetti sostenibili, attraverso di quest'ultimi. Questi finanziamenti, inoltre, supportano lo sviluppo di tecnologie e pratiche ecologiche e a bassa emissione di carbonio. Tutto ciò rappresenta un ausilio pratico per raggiungere gli obiettivi di sostenibilità a lungo termine e a promuovere modelli di sviluppo sostenibili.

Sebbene questo strumento abbia apportato notevoli benefici in termini di riduzione di CO₂, ha suscitato alcuni dubbi e criticità. L'effetto Jevons, che sostiene che l'efficienza energetica non riduce necessariamente il consumo di energia, ma lo aumenta, è la prima critica ai carbon credits. In altre parole, l'adozione di tecnologie più efficienti può portare a un aumento della produzione e del consumo di beni e servizi. In questo caso, le emissioni di gas a effetto serra possono aumentare. Di conseguenza, se le azioni per ridurre le emissioni non sono accompagnate da politiche favorevoli al risparmio e all'uso consapevole delle risorse, l'utilizzo dei carbon credits per compensare le emissioni può portare ad un aumento netto delle emissioni inquinanti. Un'altra preoccupazione per i crediti di carbonio è il rischio di "double counting", una situazione in cui le riduzioni delle emissioni di gas a effetto serra vengono conteggiate due volte: una volta dalla nazione o dall'organizzazione che ha effettuato la riduzione delle emissioni e una volta dalla nazione o dall'organizzazione che ha acquistato i crediti di carbonio. Questo può causare un

sovrastimo delle riduzioni effettive delle emissioni di gas a effetto serra, fino a generare un circolo vizioso inefficace inerente alla riduzione delle emissioni. Pertanto, sono stati istituiti registri unici basati su standard internazionali che collegano il credito ai progetti ecologici. La difficoltà nel monitorare le riduzioni delle emissioni di gas a effetto serra è un'altra critica ai carbon credits: le riduzioni delle emissioni possono spesso essere difficili da quantificare e verificare, il che può portare al problema sopracitato, riguardante la riduzione inefficace delle emissioni. Il miglioramento del monitoraggio è stato possibile grazie all'utilizzo di modelli matematico-statistici, analisi del terreno, controlli aerei e nuove tecnologie. In aggiunta, ci sono critiche ai carbon credits che riguardano l'equità. I paesi e le organizzazioni che possono ottenere crediti di carbonio possono evitare di ridurre le loro emissioni di gas a effetto serra, mentre le organizzazioni e i paesi che non possono farlo devono ridurre le loro emissioni. Nonostante ciò, la consapevolezza del problema ha spinto anche i governi delle economie più industrializzate a sostenere politiche più ecologiche imponendo tasse, incentivi e norme per la sostenibilità. Questo potrebbe incentivare la crescita di un divario già presente nell'economia mondiale: è tuttavia utile sottolineare che le aziende non possono utilizzare i crediti di carbonio come mezzo per produrre quantità infinite di anidride carbonica. Questo è il motivo per cui gli impianti ad alto consumo di energia e le compagnie aeree che operano nello Spazio Economico Europeo (SEE) sono stati inclusi in un sistema aggiuntivo per lo scambio di quote di emissione (EU ETS). Questo sistema fissa una quota massima di emissioni di CO₂ o di altri gas a effetto serra da parte degli operatori coinvolti e ogni anno viene effettuato il calcolo di queste. L'azienda avrà quote da vendere agli altri operatori nel caso in cui le emissioni non superino il limite massimo stabilito, viceversa, l'azienda sarà costretta ad acquistare quote di emissione da industrie virtuose

che hanno dimostrato di produrre meno anidride carbonica o altri gas serra. La mancata compensazione prevede sanzioni da parte dei governi.

Il rischio di greenwashing rappresenta a tutti gli effetti uno dei problemi maggiormente diffusi riguardo l'uso dei crediti di carbonio: alcune compagnie possono utilizzare i CDC come mezzo di marketing senza impegnarsi effettivamente a ridurre le emissioni. Pertanto, per garantire la trasparenza, è fondamentale seguire standard uniformi e rigorosi per la certificazione, come verrà illustrato più avanti. Ad oggi, la valutazione della qualità e dell'efficacia dei crediti di carbonio è difficile a causa dei numerosi standard e iniziative di certificazione in vigore. In conclusione, può essere difficile determinare quanti benefici effettivi ci sono: misurare correttamente le riduzioni delle emissioni e gli effetti sull'ambiente dei progetti di crediti di carbonio può essere ostico e può portare a una quantificazione errata del beneficio effettivamente generato. È necessario, dunque, che il mercato dei crediti adotti standard uniformi, promuovere la trasparenza e stabilire sistemi.

1.9 Tipologie di mercati

I crediti di carbonio sono scambiati sostanzialmente in due tipi di mercati, o anche noti come Carbon Offset Markets: i mercati volontari (CVM) e i mercati obbligatori. Nel mercato volontario, le organizzazioni e le persone possono volontariamente acquistare e vendere crediti di carbonio per compensare le proprie emissioni di gas serra. Questo mercato è separato dal mercato obbligatorio dei crediti di carbonio, che coinvolge l'adesione a un sistema di limitazione e scambio delle emissioni (ad esempio, il sistema europeo di scambio delle emissioni, ETS), in cui operano aziende di grandi dimensioni e appartenenti a settori particolarmente inquinanti, come acciaierie, impianti di cogenerazione, raffinerie, industrie chimiche e sono regolati da leggi e regolamenti

governativi. Queste aziende possono acquistare crediti di carbonio per compensare le proprie emissioni, ma devono rispettare i requisiti di qualità e integrità imposti dalle autorità di regolamentazione. I mercati volontari di crediti di carbonio, invece, sono più flessibili e permettono alle organizzazioni e alle persone di compensare le proprie emissioni di gas serra in modo volontario, senza essere obbligati da leggi o regolamenti. Tuttavia, i crediti di carbonio scambiati in questi mercati devono essere certificati e verificati da enti indipendenti, per garantire che le riduzioni delle emissioni siano reali e misurabili. Dunque, i mercati volontari e obbligatori dei crediti di carbonio hanno ruoli diversi nella lotta contro il cambiamento climatico.

Riassumendo, i mercati volontari permettono alle organizzazioni e alle persone di compensare le proprie emissioni di gas serra in modo volontario, mentre i mercati obbligatori coinvolgono aziende di grandi dimensioni che sono soggette a obblighi di riduzione delle emissioni di gas serra, seppur il fine ultimo è comune: ridurre le emissioni di gas serra e mitigare i cambiamenti climatici.

1.10 Voluntary Carbon Market (VCM)

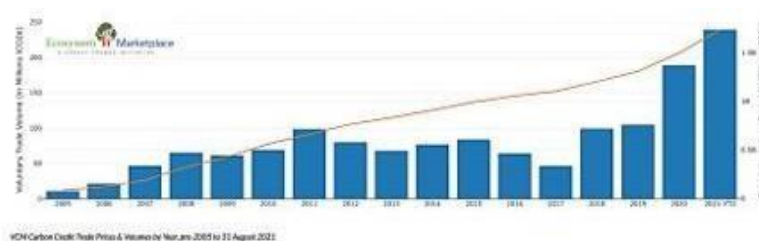
Il mercato volontario dei crediti di compensazione del carbonio continua a svilupparsi negli ultimi anni. I crediti di compensazione del carbonio (CCC) indicano un'unità finanziaria corrispondente all'annullazione di una tonnellata di CO₂ equivalente dall'atmosfera.

Il credito è un certificato che può essere acquistato per compensare le emissioni di CO₂, nel settore di una strategia Net Zero. I progetti di compensazione vogliono permettere ad aziende e paesi di raggiungere la neutralità di impatti climatici (carbon neutrality) anche quando ridurre le emissioni direttamente non è fattibile (carbon offset), ma anche di

finanziare la decarbonizzazione nei paesi più poveri dove scarseggiano i capitali per questo tipo di investimenti.

I volumi di CO2 equivalente sono aumentati negli ultimi anni, ma i prezzi restano in media molto bassi, come mostrato in tabella 14 e in tabella 15:

Tabella 14: Mercati volontari dei CCC: volumi in milioni di tCO2e (scala di sinistra) o cumulativi in miliardi (scala di destra)



Fonte: <https://data.ecosystemmarketplace.com/>

Tabella 15: Mercati volontari dei CCC aggiornati (Gennaio- Novembre)

Reporting Period	Volume (MtCO2e)	Value (USD)	Weighted Avg Price (USD)
Data tracked through Aug. 31, 2021	239.3	\$748 M	\$3.13
Data tracked Aug. 31 - Nov. 9, 2021	59.1	\$258.2 M	\$4.73
Total	298.4	\$1.0062 B	\$3.37

Source: Forest Trends' Ecosystem Marketplace initiative (www.ecosystemmarketplace.com)

Fonte: <https://data.ecosystemmarketplace.com/>

Il prezzo medio del mercato non viene rappresentato dalla variazione che si può osservare a seconda del paese in cui è sviluppato il progetto di compensazione.

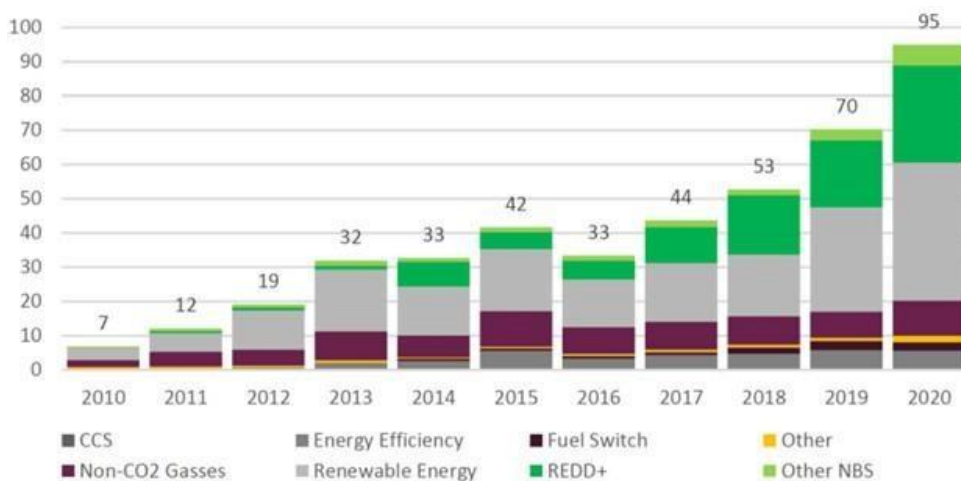
Le emissioni negative (carbon offset) dei CCC derivano o dalla riduzione o rimozione di gas serra emessi nell'atmosfera. Riducendo i gas serra dall'atmosfera si evitano i danni climatici ad essi collegati.

Entrambe sono considerate valide forme di compensazione, quelle di riduzione “nature-based” sono, come dice il nome, basate sull’utilizzo della natura come tecnologia principale per evitare emissioni aggiuntive.

I progetti rinnovabili raggiungono economie di scala superiori, mentre quelli legati a foreste hanno scale ridotte e maggiori costi di progetto. Le soluzioni community based offrono co-benefici sociali e ambientali.

Il mercato di crediti volontari è per ora dominato da progetti di energia rinnovabile e da attività legate alle foreste (community-based) e altre nature-based solutions, molto cresciute negli ultimi anni.

Tabella 16: CCC per tipo di progetti (milioni tCO2E)



Fonte: Trove Intelligence (2021)

1.11 Corporate Offsetting

Sono aziende che vogliono neutralizzare le emissioni non eliminabili. Hanno la possibilità di ottenere CCC creando progetti, acquistando crediti da broker o mercati finanziari. Gli acquirenti devono valutare i progetti offerti dai rivenditori e esaminare la miglior scelta, tenendo conto del tempo a disposizione, delle risorse e volumi richiesti.

La seguente Tabella 17 riassume i vantaggi e svantaggi dei due possibili approcci:

Tabella 17: vantaggi e svantaggi di approcci con maggior coinvolgimento nei progetti o direttamente dai mercati finanziari

COINVOLGIMENTO IN PROGETTI		ACQUISTO SUI MERCATI FINANZIARI	
Vantaggi	Svantaggi	Vantaggi	Svantaggi
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Maggiore controllo sulla qualità e tipo di progetto ▪ Copertura da futuri aumenti di prezzi/ scarsità di offerta ▪ Link con comunità locali e fornitori 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Crediti conseguiti nel tempo ▪ Elevata richiesta di tempo, risorse e competenze ▪ Nel complesso, l'intero investimento può avere un costo più elevato ▪ Rischio progetto 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pool di liquidità ▪ Market surveillance/ trasparenza ▪ Rischi ridotti ▪ Acquisizione rapida di volumi variabili 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prezzi più elevati rispetto al passaggio dagli sviluppatori ▪ Prezzi maggiori se si acquistano bassi volumi ▪ Difficoltà di accesso a informazioni sulla qualità

Fonte: Azione verso il raggiungimento della neutralità di Carbonio, Prezzi dei crediti di compensazione del carbonio: Tendenze storiche e previsioni di evoluzione. Chiara Ravetti 23 Dicembre 2021

L'utilizzo dei CCC da parte degli acquirenti richiede attenzione alla ricerca dei crediti di alta qualità. Per evitare Carbon Offsetting di bassa qualità, è necessario esaminare i progetti disponibili tramite rivenditori o consulenti specializzati.

La seguente Tabella 18 illustra una possibile classifica di tipologie di progetto per livello di rischio rispetto alla qualità:

Tabella 18: Rischio relativo a progetti di CCC

Lower risk	Medium risk	Higher risk
<ul style="list-style-type: none"> • CO₂ usage • Methane destruction (w/o utilization) • N₂O avoidance from nitric acid production • N₂O – adipic acid* • Ozone-depleting substance (ODS) destruction 	<ul style="list-style-type: none"> • Methane capture and utilization • Methane avoidance • Energy distribution • Energy efficiency, household demand side • PFCs & SF₆ avoidance/ reuse • Renewable energy, small scale 	<ul style="list-style-type: none"> • Agriculture • Biomass energy • Cement production • Energy efficiency, industrial demand side • Energy efficiency -- supply side • Forestry & land use • Fossil fuel switching • Fugitive gas capture or avoidance • Low-carbon transportation measures • Renewable energy, large scale

Fonte: Carbon Offset Guide (2020) <https://www.offsetguide.org/sticking-to-lower-risk-project-types/>

Organizzazioni di regolamentazione e gestione dei crediti, anche detti registri di compensazione, sono istituiti per garantire integrità del mercato dei crediti di compensazione del carbonio. Queste organizzazioni variano da organizzazioni governative come, ad esempio, il Clean Development Mechanism (CDM) delle Nazioni Unite o non governative indipendenti (ONG).

I programmi di compensazione hanno tre principali funzioni:

- Sviluppare standard che definiscono i criteri di qualità dei CCC;
- Verificare i progetti di compensazione rispetto ai standard definiti grazie a terze parti;
- Gestire i sistemi di registro emessi e trasferire i crediti utilizzati.

Il mercato volontario, in particolare quello degli offset contiene vari programmi, standard e protocolli. (Tabella 19). Le compensazioni ottenute dai mercati volontari sono state elette come opportunità di innovazione, ma i programmi più “seri” si ottengono da verifiche e accreditanti esterni da parte dell’ICROA.

Tabella 19 - Registri e programmi di compensazione del mercato volontario

"Voluntary" Carbon Offset Programs (Run by NGOs)	Geographic Coverage	Label Used for Offset Credits
American Carbon Registry	United States, Some International	Emission Reduction Tonne (ERT)
Climate Action Reserve (CAR)	United States, Mexico	Climate Reserve Tonne (CRT)
The Gold Standard	International	Verified Emission Reduction (VER)
Plan Vivo	International	Plan Vivo Certificate (PVC)
The Verified Carbon Standard	International	Verified Carbon Unit (VCU)

Fonte: <https://www.offsetguide.org/understanding-carbon-offsets/carbon-offset-programs/>

La compensazione di carbonio ha subito critiche riguardo non solo la qualità dei crediti, ma anche sugli incentivi che le pratiche di offsetting possono generare.

1.12 Il mercato volontario dei CCC

Per comprendere i trend futuri del prezzo, bisogna considerare le evoluzioni sul lato dell'offerta e domanda dei crediti.

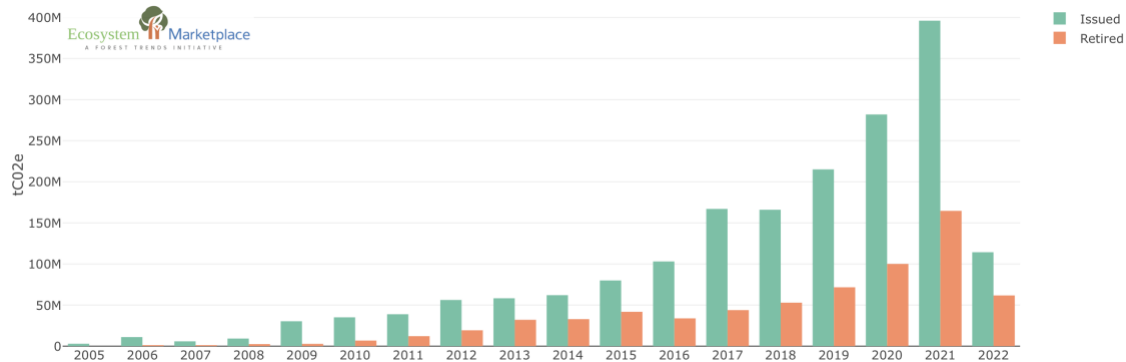
1.12.1 L'offerta di credito

Il mercato volontario dei crediti di compensazione del carbonio ha sempre avuto un eccesso di offerta, questo perché i crediti non venduti non hanno scadenza ed i crediti usati per compensare le emissioni di un acquirente non sono più utilizzabili.

L'eccesso di offerta tiene dunque i prezzi dei CCC bassi.

Nella seguente figura si può notare l'andamento dell'eccedenza di crediti, data dalla differenza tra i crediti emessi e ritirati.

Figura 20 - Eccedenza di crediti



Fonte: Carbon Credit Issuances & Retirements (Independent & Compliance Standards) by Year, 2004 to date. Credit issuances and retirements reported by the American Carbon Registry (ACR), ART TREES, the Climate Action Reserve (CAR), California Air Resources Board (CARB), CDM (for credits issued after 2016), City Forest Credits, Climate Forward, Coalition for Rainforest Nations, EcoRegistry, Global Carbon Council, Gold Standard, Plan Vivo, ProClima, and Verified Carbon Standard (VCS). <https://data.ecosystemmarketplace.com/>

Sono state studiate diverse tecnologie per la produzione di crediti, molte ancora non sono ancora tecnologicamente mature per poter essere sviluppate in modo competitivo.

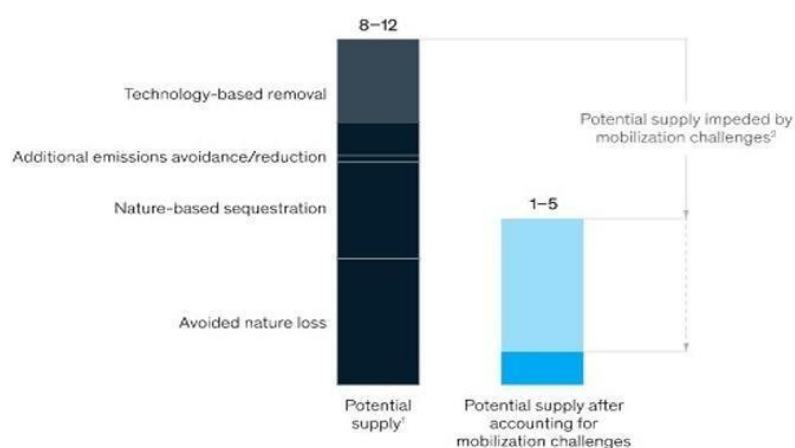
Alcuni esempi di tecnologie per emissioni negative sono: Afforestation and reforestation (AR), Soil carbon sequestration, Biochar, BECCS, DACCS e Enhanced weathering. La tecnologia di DACCS prende CO₂ direttamente dall'aria e stoccaggio sottoterra, è ambientalmente molto valida e garantisce operazioni di neutralità del carbonio. I prezzi attuali si aggirano però intorno ai 1200 \$ per Tco₂.

Il principale problema si riscontra nel soddisfare i bisogni di offsetting, poiché le tecnologie più solide sono quelle con pratiche forestali, ma non possono essere implementate ovunque.

McKinsey studia una stima di offerta potenziale che non può essere soddisfatta date le difficoltà nella scalabilità di mercato. Per analizzare la fornitura di crediti ha usufruito di cinque registri (Verra, CAR, ACR, Plan Vivo e GS), nei quali si ha la suddivisione per tipologia di progetto: anno di emissione e anno vintage.

L'anno di emissione è l'anno in cui il credito è rilasciato e caricato nel registro, mentre quello vintage è l'anno in cui è stato prodotto. La distinzione viene fatta poiché un progetto registrato ha la possibilità di emettere crediti di compensazione a una data specifica (che include più annate). Il grafico 21 indica che la domanda nel 2030 potrebbe corrispondere a un'offerta annuale che va dai 8 ai 12 GtCO₂ e stima una fornitura di crediti di carbonio tra 1-5 GtCO₂ all'anno.

Figura 21 – La crescita di offerta



Fonte: https://www.mckinsey.com/business_functions/sustainability/our-insights/a-blueprint-for-scaling-voluntary-carbon-markets-to-meet-the-climate_challenge

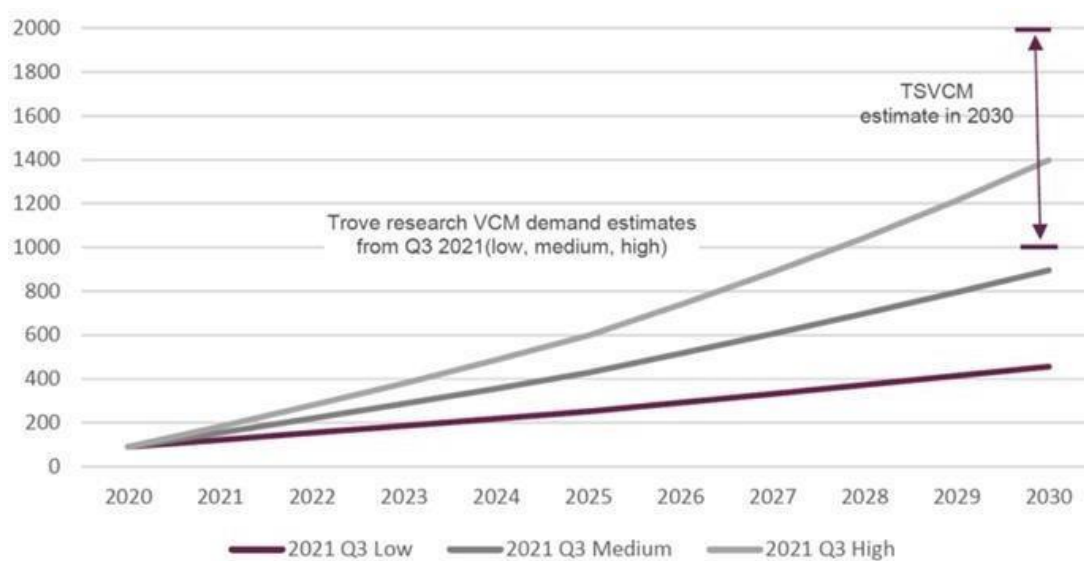
1.12.2 La domanda di credito

Dall'analisi sui tassi di crescita della domanda di compensazione del carbonio e dalla previsione di domanda da parte di compagnie petrolifere europee, si può

prevedere l'andamento della domanda futura di crediti di compensazione del carbonio.

Le ricerche della Trove Research e del University College London mostrano uno scenario medio di domanda di 1000 milioni di tonnellate di CO₂e nel 2030, rispetto ai 200 attuali. Queste stime vengono attestate dal grafico 22:

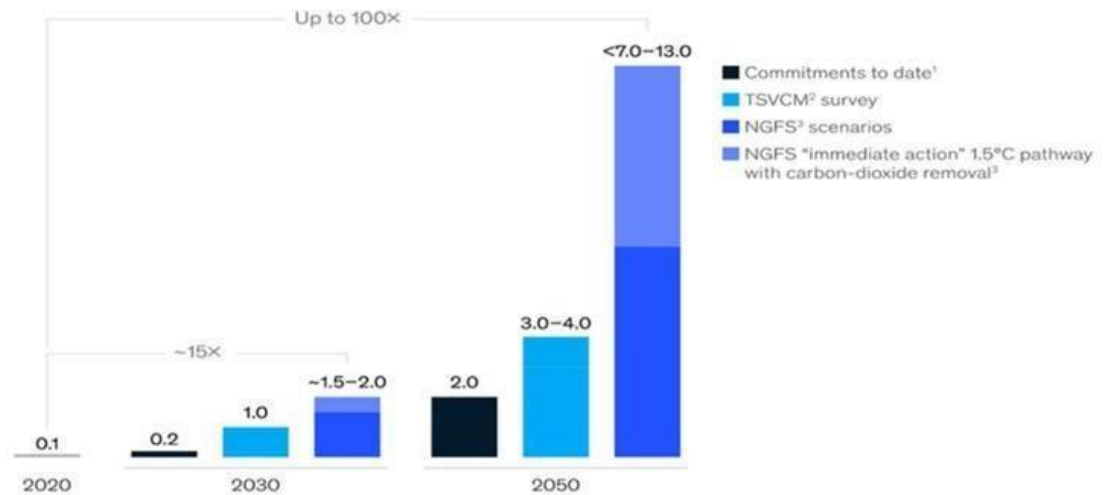
Grafico 22- Confronto previsioni di crescita della domanda nei mercati volontari di carbonio (MtCO₂/ annua)



Fonte: <https://trove-research.com/wp-content/uploads/2021/06/Trove-Research-Carbon-Credit-Demand-Supply-and-Prices-1-June-2021.pdf>

Nella figura 23, si può notare che le previsioni di domanda attestate dallo studio di McKinsey sono molto eterogenee: si stima che la domanda annuale di crediti di carbonio potrebbe raggiungere fino ai 1.5-2 giga tonnellate di CO₂ equivalente entro il 2030.

Figura 23 – La domanda volontaria di crediti di carbonio



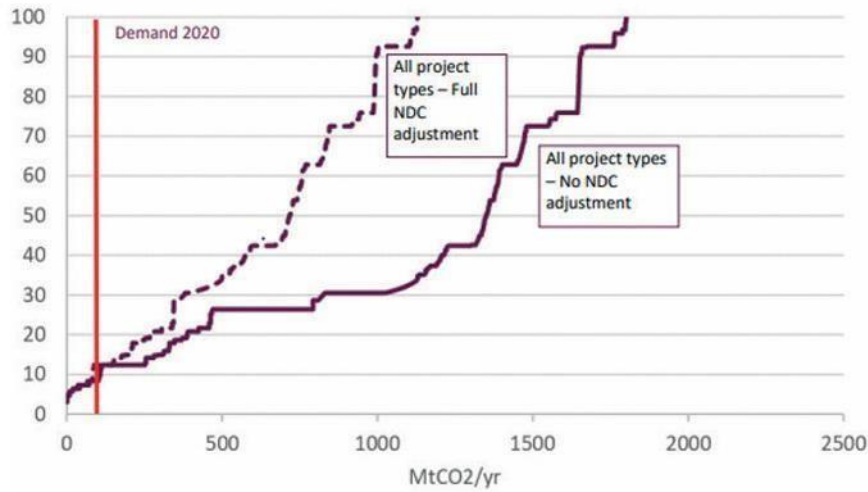
Fonte: <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/a-blueprint-for-scaling-voluntary-carbon-markets-to-meet-the-climate-challenge>

1.12.3 Considerazioni finali

Il modello di Trove Research e University College of London mostra una possibile simulazione dei mercati di crediti di compensazioni di carbonio.

La figura 24 mostra due potenziali curve di offerta, una delle quali non tiene conto delle compensazioni di carbonio stabilite dai Naturally Determined Contributions (contributi a livello nazionale), dunque se la domanda crescesse fino a 500 MtCO₂e all'anno, i prezzi salirebbero a circa \$ 25 Tco₂e ed a \$ 30 Tco₂e se la domanda aumentasse fino a 1000 MtCO₂e.

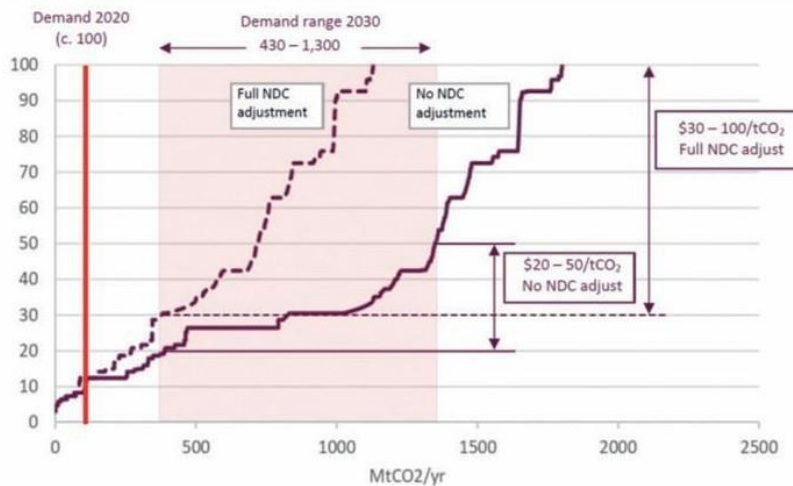
Figura 24 - La curva di offerta dei crediti di carbonio



Fonte: <https://trove-research.com/wp-content/uploads/2021/06/Trove-Research-Carbon-Credit-Demand-Supply-and-Prices-1-June-2021.pdf>

La figura 25 rappresenta le proiezioni future del prezzo dei crediti di compensazione del carbonio, nella prima simulazione (no NDC adjust), l'equilibrio di mercato si assesta ai 20-50\$/Tco2 nel 2030; se si considera un aggiustamento completo del sistema per evitare il double counting (full NDC adjust), la riduzione nell'offerta porterebbe a prezzi tra i 30-100\$/tco2.

Figura 25- Incrocio domanda e offerta: periodo 2020-2050



Fonte: <https://trove-research.com/wp-content/uploads/2021/06/Trove-Research-Carbon-Credit-Demand-Supply-and-Prices-1-June-2021.pdf>

È importante sottolineare come queste stime di un unico prezzo medio del credito “tipico” non mostrino l’eterogeneità presente nei prezzi per diversi tipi di progetti.

Il mercato degli offset non crescerà all’infinito: con il migliorare delle tecnologie per ridurre le emissioni, la necessità di compensare diminuirà. Analisti del voluntary carbon market prevedono un picco nel 2035 e successivamente un progressivo ridimensionamento che si focalizzerà sulla rimozione di CO₂ rimasta dai processi meno decarbonizzabili.

1.13 Enti certificatori

I crediti di carbonio sono riconosciuti da enti internazionali, noti per la loro severità: il processo richiede a quest’ultimi di esaminare un progetto per valutare nel dettaglio se rispetta le severe norme sociali e ambientali. Dopo aver completato questo primo passaggio, il progetto viene certificato e monitorato. Gli enti certificatori rilasciano successivamente crediti di carbonio una volta assorbita la prima tonnellata di CO₂: al fine di garantire che i progetti abbiano un impatto positivo sia sull’ambiente che sulla società, è necessario confrontarsi continuamente con le comunità in cui vengono implementati tutte queste procedure. Queste organizzazioni regolano il modo in cui le aziende operano in questo settore per evitare che persone disinteressate all’ambiente realizzino progetti con scarsa attenzione, solo per attirare investitori e al fine di mantenere un determinato standard. I requisiti imposti da questi enti certificatori sono diventati sempre più selettivi in questi ultimi decenni, tanto da svalutare i crediti di carbonio emessi con standard troppo datati. Nonostante ciò, questo meccanismo è utile perché consente agli operatori del mercato di investire in tecnologie e progetti sempre più innovativi.

I principali enti certificatori del mercato volontario dei crediti di carbonio sono:

- **Verified Carbon Standards - Verra (VCS):** rappresenta uno dei principali standard di mercato per la misurazione e la verifica delle riduzioni delle emissioni di gas serra. I progetti che soddisfano i requisiti del VCS possono generare crediti di carbonio acquistabili e utilizzabili da organizzazioni per compensare le proprie emissioni.
- **Gold Standard (GS):** un'organizzazione senza scopo di lucro che fornisce standard per misurare e certificare progetti di riduzione delle emissioni di gas serra, con un'enfasi particolare sull'impatto sociale e ambientale. I progetti che ottengono la certificazione Gold Standard sono rigorosamente valutati per garantire la sostenibilità ambientale e sociale.
- **American Carbon Registry (ACR):** altro ente certificatore riconosciuto a livello internazionale che si concentra sulla misurazione, la verifica e la certificazione delle riduzioni delle emissioni di gas serra negli Stati Uniti. Fondata nel 1996, ACR fornisce standard e protocolli per progetti di mitigazione dei cambiamenti climatici, consentendo alle aziende, alle organizzazioni e ad altri enti di registrare e certificare le loro riduzioni delle emissioni di gas serra e di ottenere crediti di carbonio verificati.
- **Climate Action Reserve (CAR):** organizzazione senza scopo di lucro che gestisce programmi di registrazione e verifica per progetti di riduzione delle emissioni di gas serra in Nord America. CAR fornisce un rigoroso processo di verifica per garantire l'integrità e l'affidabilità dei crediti di carbonio generati dai progetti.

- **South Pole:** società nata nel 2006 a Zurigo, con l'obiettivo di sviluppare progetti green in paesi in via di sviluppo, al fine di generare crediti di carbonio certificati.

Il portafoglio di South Pole conta più di 700 progetti, ad oggi.

Tutti questi enti, sono legalmente organizzazioni non governative, emettono crediti di carbonio e hanno metodi e standard diversi.

I quattro standard principali forniscono linee guida solide per gli sviluppatori di progetti e programmi, imponendo che i progetti proteggano l'ambiente e la società per ottenere finanziamenti. I requisiti includono:

- l'assicurarsi che i progetti non danneggino la biodiversità e gli ecosistemi locali;
- seguire tutte le leggi e le regole nazionali e internazionali;
- consultare con gli stakeholder locali;
- utilizzare processi di consenso libero, preventivo e informato quando si lavora con le popolazioni indigene.

È importante sottolineare che la certificazione dei progetti non è solo volta a ottenere crediti di carbonio, ma anche migliorare l'immagine del progetto. Proprio per questa ragione, diverse imprese fanno certificare le loro attività, attirando a sé l'attenzione dei diversi stakeholder o dei media.

In conclusione, è utile osservare il fatto che molti progetti finanziati attraverso lo strumento dei crediti di carbonio vengono avviati nei Paesi in via di sviluppo con l'obiettivo di promuovere la decarbonizzazione globale e ridurre la disparità tra i paesi ricchi e quelli in via di sviluppo.

1.14 Requisiti di ammissibilità

Come premesso in precedenza, ottenere la certificazione dei crediti di carbonio implica necessariamente che quest'ultimi siano collegati a progetti di matrice sostenibile. Tuttavia, questi progetti devono rispettare dei requisiti, al fine di poter essere considerati certificabili. In sostanza i crediti di carbonio devono essere:

1. **Reali:** se il progetto ha prodotto una riduzione o un assorbimento delle emissioni di CO₂;
2. **Misurabili e verificabili:** gli esiti positivi possono essere rilevati, misurati e monitorati, tramite l'utilizzo di metodologie scientifiche. In particolare, i crediti non devono sovrastimare le emissioni iniziali di riferimento, o baseline emissions, e non devono sottovalutare le emissioni effettive dopo l'implementazione del progetto, tenendo conto degli effetti indiretti ed eventuali spillover. Un esempio tipico è quando le attività di raccolta del legname vengono spostate a zone vicine per ridurre le emissioni di CO₂ in un'area forestale. Inoltre, è importante evitare la pratica del forward crediting, ovvero l'emissione di crediti che dovrebbero essere pagati in futuro ma non ancora sufficienti per ridurre le emissioni di gas serra. Tuttavia, questo tipo di credito è molto raro.
3. **Unici:** a ogni singolo credito corrisponde una singola tonnellata di anidride carbonica, al fine di evitare errori come il *doppio conteggio*. Quando più attori o organizzazioni sono coinvolti in uno stesso progetto (ad esempio, se il produttore e il consumatore di biocarburante affermano di aver ridotto le emissioni in proporzione ai litri di carburante prodotti), può verificarsi l'errore del doppio conteggio. Per evitare ciò, i registri devono rimuovere i crediti dal mercato non appena un'entità ne fa uso in modo trasparente. A causa delle ambiguità

dell'Articolo 6 sui meccanismi di mercato, la questione del double counting dei crediti potrebbe essere portata a livello di competizione tra enti privati e nazioni che vogliono raggiungere i loro target di riduzione (contribuzioni nazionali determinate, NDC);

4. **Permanenti:** le emissioni riassorbite non verranno reintrodotte in futuro nell'atmosfera. Tuttavia, dopo la creazione del credito di carbonio, le riduzioni delle emissioni non possono essere alterate, infatti, non tutti i tipi di progetto possono garantire lo stesso grado di permanenza. Ad esempio, una foresta che è stata mantenuta o piantata in un certo anno può sempre essere bruciata o tagliata in anni successivi, rilasciando il carbonio che ha accumulato. La permanenza di altri tipi di stoccaggio sottoterra è tipicamente più alta;
5. **Addizionali:** la sopravvivenza economica di tali progetti è strettamente legato alla vendita di CDC. Il principio dell'addizionalità è fondamentale per la valutazione dell'eligibilità di un progetto ed è implementato da diverse verifiche:
 - l'addizionalità tecnologica richiede che il progetto utilizzi una tecnologia più efficiente rispetto alla pratica standard;
 - l'addizionalità legislativa implica che il progetto superi i requisiti legali sulle emissioni in una specifica area geografica;
 - l'addizionalità finanziaria, in cui il finanziamento dei crediti di carbonio deve essere essenziale per la realizzazione del progetto. Questo requisito non è solo formale: se il progetto può essere realizzato senza la vendita dei crediti, occorre verificare se la vendita apporti finanziamenti aggiuntivi utili per superare altri ostacoli, come la mancanza di competenze tecniche o le lacune nella conformità legale.

CAPITOLO 2 – Il Biochar e il confronto fra gli enti certificatori

2.1 Cos'è il Biochar e i suoi utilizzi

Il Biochar è un materiale di carbonio solido e stabilizzato, derivante dal processo di degradazione termica di biomassa di origine vegetale o animale, nota comunemente come *biogenic matter*, o carbone, se prodotto da biomassa legnosa.

Le sue applicazioni sono eterogenee: vanno dalla produzione di calore ed energia, al campo medico; ad esempio, è stato utilizzato come ammendante per migliorare la fertilità del suolo e “catturare” carbonio. È chiaro che i vari campi di applicazione hanno esigenze e requisiti diversi. Tuttavia, hanno acquisito una crescente popolarità in questi ultimi decenni, in quanto il Biochar rappresenta un metodo pratico per limitare e ridurre le emissioni di gas serra, sostituendo il carbonio fossile in diversi ambiti. In tabella 26 sono riassunte tutte le caratteristiche necessarie che il Biochar deve avere, affinché sia considerato ammendante.

Figura 26- Caratteristiche del Biochar per essere usato come ammendante

N.	Denominazione del tipo	Modo preparaz. e componenti essenziali	Titolo minimo in elementi e/o sostanze utili	Altre indicazioni di denomin. del tipo	Elementi o sostanze utili il cui titolo deve essere dichiarato	Note
16	Biochar da pirolisi o da gassificazione	Processo di carbonizzazione di prodotti e residui di origine vegetale provenienti dall'agricoltura e dalla silvicoltura, oltre che da sansi di oliva, vinacce, crusconi, noccioli e gusci di frutta, cascami non trattati della lavorazione del legno, in quanto sottoprodotti delle attività commesse. Il processo di carbonizzazione è la perdita di idrogeno, ossigeno e azoto da parte della materia organica a seguito di applicazione di calore in assenza, o ridotta presenza, dell'agente ossidante, tipicamente l'ossigeno. A tale decomposizione termochimica è dato il nome di pirolisi o piroscissione. La gassificazione prevede un ulteriore processo ossido-riduttivo a carico del carbone prodotto da pirolisi.	C tot di origine biologica ⁽⁴⁾ % s.s. ≥ 20 Conducibilità elettrica (salinità) mS/m ≤ 1000 ⁽⁵⁾ pH _(pH20) 4-12 Umidità % ≥ 20 per prodotti polverulenti ⁽⁶⁾ Ceneri % s.s. ≤ 60 H/C (molare) ⁽⁷⁾ $\leq 0,7$	Occorre dichiarare il tipo di processo di produzione impiegato (pirolisi o gassificazione) e le tipologie di biomasse utilizzate (es. pirolisi di legno di conifere)	Umidità % C tot di origine biologica % s.s. Ceneri % s.s. pH Conducibilità elettrica (salinità) mS/m Rapporto H:C (molare) Granulometria (passante mm 0,5-2-5) azoto tot % s.s. potassio tot % s.s. fosforo tot % s.s. calcio tot % s.s. magnesio tot % s.s. sodio tot % s.s. % C da carbonato max ritenzione idrica % m/m	⁽⁴⁾ sottratto il C da carbonati ⁽⁵⁾ per utilizzo quale componente dei substrati di coltivazione (allegato 4) ≤ 1000 ⁽⁶⁾ dato comunque da dichiarare. Per prodotto polverulento si intende, in questa sede, un prodotto nel quale la frazione < 2 mm risulta > del 50% ⁽⁷⁾ indice di stabilità del carbonio. Per il calcolo si deve utilizzare il dato del parametro C tot di origine biologica Sono inoltre fissati i seguenti parametri chimico-biologici: - test di fitotossicità / accrescimento (UNI EN 16086-1:2012) - prova di crescita in vaso con orzo primaverile); l'inibizione alla germinazione e/o alla crescita (con dose di utilizzo del prodotto del 25%) deve essere inferiore al 25% - IPA < 6 mg/kg s.s. - PCB < 0,5 mg/kg s.s. - Diossine < 9 ng I-TEQ/kg

Fonti: Biochar per “coltivare” un clima migliore, e coscienza Numero 2- anno 2020

La sua produzione avviene grazie al processo di pirolisi di biomassa: consiste nella combustione parziale di quest'ultima, in un ambiente controllato a pressione negativa, caratterizzato da assenza di ossigeno. Le principali fonti che compongono le biomasse possono derivare da scarti:

1. Forestali: materiale legnoso di scarto (residui del taglio), che possono essere macinati sul posto per essere venduti a centri di utilizzazione delle biomasse a fini energetici;
2. Agricoli: residui delle lavorazioni agricole (potatura arborea, scarti di raccolto (paglia, foglie, steli, bucce, noccioli, ...));
3. Alimentari;
4. Animali;
5. Urbani (Municipal Solid Waste, MSW).

In figura 27, viene proposto un elenco delle tipologie di biomassa:

Figura 27- Tipologie di biomassa

TABLE 4AP.1 VALUES FOR ORGANIC C CONTENT FACTOR OF BIOCHAR BY PRODUCTION TYPE (F_{C_p}).		
Feedstock	Pyrolysis Production Process	Values for F_{C_p} ²
Animal manure	Pyrolysis ¹	0.38 ± 49%
	Gasification ¹	0.09 ± 53%
Wood	Pyrolysis	0.77 ± 42%
	Gasification	0.52 ± 52%
Herbaceous (grasses, forbs, leaves; excluding rice husks and rice straw)	Pyrolysis	0.65 ± 45%
	Gasification	0.28 ± 50%
Rice husks and rice straw	Pyrolysis	0.49 ± 41%
	Gasification	0.13 ± 50%
Nut shells, pits and stones	Pyrolysis	0.74 ± 39%
	Gasification	0.40 ± 52%
Biosolids (paper sludge, sewage sludge)	Pyrolysis	0.35 ± 40%
	Gasification	0.07 ± 50%
Notes: ¹ An explanation of the conversion technologies is provided in Annex 2A.2. ² All values are presented in the format of the mean value ± the 95% confidence limit expressed as a percentage of the mean (that is ± 1.96 * standard error / mean * 100). Source: F_{C_p} was calculated from the organic carbon content of biochar from regressions by Neves et al. (2011), corrected for ash content using biochar yield from Woolf et al. (2014). Data on ash, lignin, and carbon content of biomass feedstocks, which are parameters in these regression equations, were taken from ECN (2018). ³		

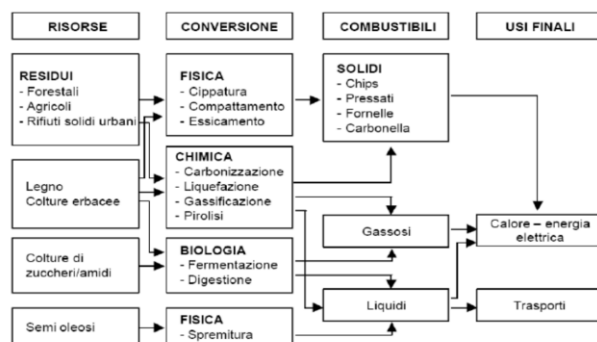
Fonte: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch02_Ap4_Biochar.pdf

La lista delle materie prima di biomassa della certificazione europea di biochar è così composta:

- Nel caso di raccolta sostenibile dei rifiuti agricoli, il 30% dei residui viene lasciato nel campo per evitare di diminuire la salute del suolo;
- Legname danneggiato da disastri naturali (ad es. incendi, parassiti, inondazioni) e che non può essere recuperato economicamente;
- L'utilizzo di specie invasive, ossia piante non originarie dalla regione di attività e stanno causando danni ambientali, ammettono biomassa per attività biochar quando sono soddisfatti i requisiti:
 - i) le specie da eliminare sono riconosciute da autorità nazionali;
 - ii) la carbonizzazione dei rifiuti eliminati non è obbligatoria o richiesta dalle autorità competenti e iii) il fornitore per la rimozione di CO₂ ha procedure per differenziare le specie invasive da altre specie locali e per evitare rimozione involontaria della vegetazione autoctona esistente nell'area del progetto.

In figura 28, è schematizzata la classificazione in base agli input.

Figura 28- Schema di sintesi dei possibili percorsi di trasformazione di input



Fonti: Gould J. M. (1985). Studies on the mechanism of alkaline peroxide delignification of agricultural residues. *Biotechnology Bioengin.*, 27, 225-231

L'introduzione di Biochar nel terreno può influire molto nella composizione del sistema-suolo, nelle sue proprietà fisico-chimiche, andando a modificare la tessitura, la struttura, la porosità e la consistenza. Grazie alla macro-porosità che caratterizza la struttura a nido d'ape del Biochar, dell'ordine del micrometro, vengono facilitate le funzioni vitali del suolo come l'aerazione.

I principali effetti derivanti dall'utilizzo del Biochar sono:

1. Essendo una fonte di carbonio ricalcitante e stabile si ha un diretto aumento della frazione di Carbonio Organico del Suolo (SOC) mentre la parte volatile viene dissipata dagli eventi atmosferici.
2. Non è ancora stato dimostrato con evidenze scientifiche se la presenza di biochar nel suolo possa o meno influenzare la presenza di Carbonio Inorganico del Suolo (SIC), anche se alcuni studi preliminari mostrano di come il biochar aumenti la riserva di SIC sia direttamente, sia indirettamente.
3. Il biochar tende a rendere i suoli più scuri e, quindi, a ridurre l'albedo superficiale, ovvero decurta considerevolmente il potere riflettente del terreno, anche se la presenza di un manto vegetale o nevoso può attenuare questo effetto.
4. Riduzione delle emissioni del suolo, ad esempio, N₂O, CH₄ e NH₃.
5. Aumento della ritenzione idrica e dell'immediata disponibilità di acqua da parte delle piante;
6. Influenza positiva o negativa sull'evapotraspirazione in coltura a seconda delle condizioni del suolo e del clima, la quale a sua volta può aumentare o diminuire l'efficienza d'uso dell'acqua da parte delle piante. Quando non sono presenti colture, ovvero si dice che il terreno è "a riposo", il biochar tende a ridurre

l'evaporazione; tuttavia, sono necessarie maggiori evidenze a supporto di tale teoria.

7. Produttività primaria netta (NPP): il biochar ha effetti misti sulla NPP a seconda delle condizioni del suolo; l'aumento della NPP fissa più carbonio nella vegetazione, aumentando i residui organici nel sottosuolo (letto radicale), i quali innalzano il livello di SOC presente.
8. Aumento della resa agricola: in uno studio pubblicato da Jeffery et al. (2011), è stato dimostrato che l'aggiunta di biochar in agricoltura può aumentare la produttività agricola. Gli autori hanno esaminato l'impatto del biochar su diversi tipi di suoli e diversi tipi di colture, e hanno scoperto che l'aggiunta dell'ammendante nero ha avuto un effetto positivo sulla struttura del suolo, sulla capacità di immagazzinamento dei nutrienti e sulla crescita delle piante [43].
9. • Riduzione dell'eutrofizzazione delle acque e capacità filtranti: Winsley et al. (2011) hanno scoperto che il biochar si comporta come un depuratore e può assorbire le sostanze inquinanti presenti nell'acqua come i metalli pesanti; di conseguenza, aiuta a ridurre l'eutrofizzazione delle acque quando investite da eccessivi apporti di sostanze ad effetto fertilizzante (azoto, fosforo ed altre sostanze fitostimolanti)¹.
10. Riduzioni delle emissioni di gas serra: molti autori presenti in letteratura hanno esaminato l'impatto del biochar sulla qualità del suolo e sulle emissioni di gas serra. Tutti hanno dimostrato che l'aggiunta di biochar al suolo può migliorare la

¹ P. Winsley, «Biochar and bioenergy production for climate change mitigation,» New Zealand Science Review, V.64, 2007.

qualità del suolo e ridurre le emissioni di gas serra attraverso il sequestro del carbonio (soprattutto N₂O e CH₄)²³.

11. La riduzione dell'uso dei fertilizzanti è stata dimostrata ma necessita ancora di diversi studi per poter divenire evidenza scientifica. La complessità nelle misurazioni e nell'ampiezza del numero di variabili da tener in conto, tutt'oggi rendono quest'evento di difficile valutazione quantitativa.
12. Aumentando la ritenzione idrica del suolo, oltre a contrastare il processo di desertificazione oggi in atto nella maggior parte delle pianure sfruttate per l'agricoltura intensiva, riduce la resistenza del terreno quando arato con un conseguente risparmio di combustibili fossili⁴.

² T. A e C. F., «Potentials, Limitations, Co-Benefits, and Trade-Offs of Biochar Applications to Soils for Climate Change Mitigation. Land.,» Land, V.8(12), p. 179, 2019

³ S. Jeffery, F. Verheijen, M. v. d. Velde e A. Bastos, «A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis,» Agriculture, Ecosystems & Environment, V.144(1), pp. 175-187, 2011.

⁴ J. Maroušek, M. Vochozka, J. Plachý e J. Žák, «Glory and misery of biochar,» Clean Technologies and Environmental Policy, V.19, p. 311-317, 2017.

In figura 29, è proposta una raffigurazione riassuntiva di tali effetti.

Figura 29- Riepilogo dei principali effetti misurati in seguito all'applicazione di biochar come ammendante agricolo

Parameter	Typical Assumption
Biochar stability	15/85%, 20/80%, or 30/70% fraction of labile/recalcitrant fractions in biochar
	Remaining carbon in biochar after 100 year in soils: 68%
Reduced fertilizer use	Nitrogen: 7.2–10% and up to 25–30% reduction
	Phosphorus: 5–7.2% reduction
	Potassium: 5–7.2% reduction
Reduced soil N ₂ O emissions	15 to 50% reduction in soil N ₂ O emissions; some studies model the transient effect of biochar on soil N ₂ O emissions; reduction of N ₂ O emission via reduced application of N fertilizer
Changes in soil CH ₄ emissions/uptake	20% reduction in soil CH ₄ emissions in paddy rice field; reduced upland soil methane sink by 0–50%
Effect on SOC	Changes in SOC through increase in NPP (5–10% increase) and negative priming on native SOC (5–10% decrease in decomposition rate); sensitivity analysis on SOC change from -12 to +21%
	Additional sequestration of 4 tC/ha over 30 years, 3.4 tC/ha over 25 years
Soil leaching	Reduced heavy metal leaching from soils
Functional unit	CO ₂ eq/kg feedstock
	CO ₂ eq/kg biochar
	CO ₂ eq/kg food produced
Biochar's yield effect	Modeled via the functional unit: increased yield lowers the yield-scaled GHG emissions intensity of food production
	Reduced fertilizer input for similar crop yield
	Increased NPP lead to more biomass output for biochar production or increases SOC
Pyrolysis coproduct treatment	Substitution; coproducts displace other products; associated burdens are subtracted: electricity, residential, or industrial heat; various waste treatment options; cooking fuel
	Allocation, burden/benefits distributed across coproducts by mass, energy, or economic allocation
	Not treated; they are assumed to be outside system boundaries and to provide neither positive substitution effects nor burden

Fonte: T. A e C. F., «Potentials, Limitations, Co-Benefits, and Trade-Offs of Biochar Applications to Soils for Climate Change Mitigation. Land,» Land, V.8(12), p. 179, 2019

2.2 Verra

Verra è una società no-profit, il cui obiettivo principale riguarda la gestione dei crediti della compensazione di carbonio e favorire l'acquisto da parte delle aziende che hanno la necessità di compensare le proprie emissioni di CO₂, rappresentando l'ente certificatore più utilizzato al mondo per i voluntary GHG programs.

Verrà è coinvolta nel VCM e nel corso degli anni ha sviluppato diverse metodologie per quantificare le effettive tonnellate di GHG sequestrate. Nella seguente tesi prenderemo in considerazione la metodologia *VM0044*, relativa alla regolamentazione del biochar, la quale fornisce un definito processo di certificazione, a cui i project proponents devono rifarsi.

2.2.1 Metodologia VM0044: Methodology for Biochar Utilization in Soil and Non-Soil Applications, v1.0

Grazie alla collaborazione tra Verra e Biochar Works, Delaney Forestry Services, Forliance e South Pole, enti ed imprese il cui scopo è quello di formulare iniziative volte alla decarbonizzazione delle economie, è stata ideata la metodologia VM004. Nasce dalla rielaborazione delle normative dell'UNFCCC, emanate durante il Protocollo di Kyoto:

- Clean Development Mechanism (2007) Small-Scale Methodology AMS-III.L: Avoidance of methane production from biomass decay through controlled pyrolysis, version 2.0⁵

⁵ Disponibile al link:

<https://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/72XV0Z89701S2D87UBPFD57WE5AFP5>.

- Clean Development Mechanism (2014) Small-Scale Methodology AMS-III.E: Avoidance of methane production from decay of biomass through controlled combustion, gasification or mechanical/thermal treatment, version 17.0⁶
- Clean Development Mechanism (2014) Small-Scale Methodology AMS-III.BG: Emission reduction through sustainable charcoal production and consumption, version 3.0⁷
- Clean Development Mechanism (2006) EB23 Annex 18: Definition of Renewable Biomass⁸.

La produzione del Biochar è individuabile nella categoria “Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU) projects”: nel dettaglio, appartiene al gruppo Improved Cropland Management (ICM), in quanto la sua applicazione, come ammendante agricolo, favorisce la riduzione non solo delle emissioni GHG dei terreni coltivati, ma anche di metano e ossido di azoto; inoltre, il livello di carbon stock nel suolo aumenta. L’attività del progetto deve installare e garantire il funzionamento di nuovi impianti di produzione biochar, dove il promotore del progetto deve necessariamente seguire i seguenti passaggi:

- Procurarsi biomassa di rifiuto;
- Produrre biochar;
- Garantire che il biochar sia utilizzato realmente.

Questi passaggi sono i medesimi citati nel caso di South Pole, come vedremo più avanti.

⁶ Disponibile al link:

<https://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/AZB89EQ3FIRUIN1Q80MS80RXCLA2TS>

⁷ Disponibile al link:

<https://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/S4V8CI7HHKADRWTLKZO6CRK3LHAGEQ>

⁸ Disponibile al link: https://cdm.unfccc.int/EB/023/eb23_repan18.pdf

I benefici in termini di gas serra vengono accreditati solo per il biochar utilizzato nelle applicazioni idonee nel terreno e al di fuori del terreno. In altre parole, il Verified Carbon Unit (VCU), pari a un CCC di Verra, viene emesso se e solo se viene verificata l'effettiva applicazione idonea del prodotto finito.

In figura 30, sono riportati tutti gli step previsti i per la certificazione di Verra.

Figura 30- Sintesi del processo di certificazione di Verra



Fonte: <https://controlunion-germany.com/en/certification-programs/verified-carbon-standard-vcs-project-validation-and-verification>

Nel documento *Program Guide*⁹, viene descritta nel dettaglio la guida che viene seguita per tutto il processo, mentre nella sezione *Rules and Requirements*, Verrà fornisce una documentazione dettagliata per i singoli step, allegando i template da utilizzare in fase di registrazione e validazione del progetto¹⁰.

⁹ https://verra.org/wp-content/uploads/2022/01/VCS-Program-Guide_v4.1.pdf

¹⁰ <https://verra.org/programs/verified-carbon-standard/vcs-program-details/#rules-and-requirements>

2.2.2 Criteri di ammissibilità

Le attività del progetto devono soddisfare le seguenti condizioni:

- **Ambito tecnologico**
 - a. Il biochar viene prodotto da biomasse di scarto idonee attraverso un processo termochimico, come la pirolisi, e il biochar viene successivamente applicato a un uso finale.
 - b. I progetti coinvolti utilizzano impianti di produzione a bassa o alta tecnologia per produrre biochar, come definito in ciascuna sezione della metodologia.
 - c. I produttori di biochar devono avere un programma di salute e sicurezza per proteggere i lavoratori da inquinanti atmosferici e altri pericoli.

- **Materie prime idonee e produzione**
 - a) La materia prima utilizzata per produrre biochar deve soddisfare tutte le seguenti condizioni per essere idonea:
 - i. Deve essere esclusivamente biomassa di scarto biogenica e non coltivata appositamente;
 - ii. In caso contrario al punto i., deve essere stata lasciata a degradare o bruciata per scopi diversi dalla produzione di energia;
 - iii. Non deve essere stata importata da altri paesi;
 - iv. La materia prima deve soddisfare le condizioni di sostenibilità indicate nella Tabella 30, sebbene non totalmente esaustiva.

La Tabella 31 descrive: le categorie di approvvigionamento delle materie prime, i criteri di sostenibilità che devono essere soddisfatti per ciascuna fonte di materia prima e un elenco non esaustivo di esempi di materie prime idonee secondo questa metodologia¹¹.

Figura 31- Lista di Feedstocks elegibili per la produzione di Biochar

Feedstock Sourcing Categories	Sustainability Criteria	Waste Biomass Examples (Not Exhaustive)
Agricultural waste biomass	<p>a) Where project proponents are using agricultural waste biomass directly from fields and not from a centralized biomass-processing operation (e.g., food processing facilities), project proponents must provide documentation that the project activity is not leading to a decline in soil carbon stocks or a reduction in crop productivity, or that in the baseline agriculture waste biomass was burned without energy production (e.g., open burning of stubble).</p> <p>b) In the absence of documentation, feedstock removal is limited to no more than 50 percent of total residues to protect against soil degradation (Andrew, 2006; Battaglia et al., 2020).</p>	<p>a) Tree, vine, and shrub pruning</p> <p>b) Harvest residues such as straw, leaves, stalks, husk, pomace, kernels</p> <p>c) Fruit and vegetable residues</p>
Food processing residues	<p>a) Residues must be from food processing facilities.</p> <p>b) Production of residues per output of the facility must not have increased to be used specifically for the purpose of production of biochar.</p>	<p>a) Material from washing, cleaning, peeling, centrifugation, and separation processes</p> <p>b) Expired food residues</p> <p>c) Residues from processing in the food industry (e.g., coffee, tea, cocoa, tobacco)</p>
Forestry and other wood processing	<p>a) Wood-based feedstock sources coming from forest (as opposed to by-products of mill processing) must prove that biomass comes from sustainable sources and does not lead to deforestation or degradation. Examples of proof of sustainable use include sustainable management plans approved by a relevant state or regional authority, forestry certification such as the Programme for the Endorsement of Forest Certification (PEFC) or Forest Stewardship Council (FSC), or</p>	<p>a) Off-cuts, sawdust, and other material produced as a by-product of forest management or harvesting operations</p> <p>b) Any by-product from forest-based industries such as wood pallets and wood waste¹¹</p> <p>c) Thinnings generated from forest wildfire fuel reduction activities or</p>

¹¹ VM0044, METHODOLOGY FOR BIOCHAR UTILIZATION IN SOIL AND NON-SOIL APPLICATION, version 1.1, 5 luglio 2023

	<p>meeting the requirements of renewable biomass as defined by the CDM (<i>EB23 Annex 18</i>).¹⁰</p> <p>b) When processed timber is used as feedstock for soil applications, it must not, for health and safety reasons, contain any paint residues, solvents or other contaminants including any potentially toxic impurities (EBC, 2022; Hedley et al., 2020).</p>	<p>areas designated by state, provincial, or federal authorities as overstocked</p> <p>d) Material from pruning or thinning of woody vegetation (not including merchantable timber) such as shade trees, orchards, windbreaks, stream buffers, silvopasture, or invasive removal on rangeland</p> <p>e) Diseased trees felled during plantation or woodland management</p> <p>f) Burned woody biomass</p> <p>g) Wastepaper and cardboards</p>
Recycling economy	<p>a) Feedstocks must comply with relevant thresholds for heavy metals and other contaminants as outlined in the latest version of the material standards or guidelines relevant for the project context (i.e., <i>IBI Biochar Testing Guidelines</i> or <i>EBC Production Guidelines</i>). The biomass is the non-fossil fraction of industrial or municipal waste (CDM <i>EB23 Annex 18</i>).</p>	<p>a) Urban/rural green cuttings, non-hazardous municipal green waste</p> <p>b) Biosolids from wastewater treatment</p> <p>c) Paper mill sludge</p>
Aquaculture plants	<p>a) Waste must be by-products of aquaculture.</p> <p>b) Project proponents must be demonstrated that waste invasive species such as water hyacinth (<i>Eichhornia crassipes</i>) were not purposely introduced in order to qualify as feedstock for biochar production.</p>	<p>a) Seaweed, algae waste products, aquatic invasive species (Plantae kingdom only)</p>
Animal manure	<p>a) Waste must be by-products of animal husbandry</p>	<p>a) Waste from swine, cattle, horse, and poultry farms</p>
High-carbon fly ash from biomass	<p>a) HCFA must be no more than 5 percent of the annual waste biomass throughput from the bioenergy facility.</p> <p>b) Project proponents must also provide information that an "affirmative" technology¹² was used to extract biochar prior to complete combustion of the waste biomass stream.</p> <p>c) Project proponents must further demonstrate that the biomass facilities did not use fossil fuel sources to replace the loss of biomass caloric value when material was diverted to the biochar project.</p> <p>d) The final material meets the <i>IBI Biochar Testing Guidelines</i>¹³.</p>	<p>a) By-products of cogeneration facilities</p>

Fonte.: <https://verra.org/wp-content/uploads/2022/10/VM0044-Methodology-for-Biochar-v1.00.pdf#page12>

- b) Il biochar prodotto da una singola o mista materia prima idonea deve essere conforme all'ultima versione delle Linee Guida per il Test del Biochar dell'IBI o alle Linee Guida per la Produzione dell'EBC.
- c) Il trasporto delle biomasse utilizzabili può avvenire via nave, imbarcazioni e veicoli diversi dal trasporto su strada fino a una distanza di 200 km. Tuttavia, devono essere trasportati solo con veicoli su strada per distanze superiori a 200 km.
- d) Gli additivi minerali come la calce, i minerali rocciosi e la cenere possono costituire fino al 10% della massa quando vengono aggiunti. Se l'aggiunta supera il 10% su base di peso secco, il produttore di biochar deve presentare test di laboratorio che indichino che il prodotto finale rispetta le soglie per contaminanti organici e inorganici delle Linee Guida per il Test del Biochar dell'IBI o delle Linee Guida per la Produzione dell'EBC.
- e) Possono essere utilizzati altri metodi per valutare la conformità al criterio di sostenibilità della biomassa di scarto, come gli schemi di certificazione della biomassa come il Roundtable on Sustainable Biomaterials (RSB), Certificazione Internazionale di Sostenibilità e Carbonio (ISCC) o qualsiasi altro schema di certificazione approvato e/o sostenuto da un organismo legislativo o internazionale rilevante come l'Unione Europea, CORSIA e governi nazionali/statali.

- **Criteri per l'applicazione finale idonea del biochar**
 - a. Il biochar è idoneo ad essere utilizzato e contabilizzato secondo la metodologia se viene utilizzato entro un anno dalla sua produzione: infatti è soggetto a decomposizione naturale e la permanenza del biochar è calcolata per un periodo di 100 anni. Per rispettare tale fattore e prevenire qualsiasi decomposizione prima dell'applicazione, il biochar deve essere utilizzato entro il primo anno dalla sua produzione.
 - b. Il biochar è idoneo ad essere applicato sia sulla superficie del suolo che in profondità. In entrambi i casi, il biochar deve:
 - i. essere conforme agli standard dei materiali biochar per evitare il rischio di trasferire metalli pesanti indesiderati e contaminanti organici al suolo.
 - ii. avere un rapporto molare idrogeno a carbonio organico (H:Corg) inferiore o uguale a 0,7.
 - c. Il biochar è idoneo ad essere utilizzato in applicazioni non su suolo, tra cui cemento, asfalto e qualsiasi altra applicazione in cui sia possibile lo stoccaggio a lungo termine del biochar. Solo il biochar prodotto in strutture di produzione ad alta tecnologia è idoneo ad essere utilizzato in applicazioni non su suolo.
 - d. I proponenti del progetto devono dimostrare che il biochar e/o i prodotti finali sono a lunga durata attraverso prove credibili (risultati di laboratorio, articoli di ricerca revisionati da pari, etc.)
- **Addizionalità:** è necessario dimostrare che la sua realizzazione si traduce in riduzioni delle emissioni superiori, rispetto al caso in cui il progetto non fosse

stato messo in atto o in caso di assenza delle sovvenzioni fornite dal mercato del carbonio.

- **GHG emission removals accounting**

Sono prese in analisi le sole parti del framework di calcolo per le rimozioni di GHG che si rifanno a tale tecnologia, ovvero la parte dell'elaborato in cui si tratta di combustione post-pirolisi, come l'incanalamento dei gas attraverso postcombustore o la reiniezione di gas nel sistema di pirolisi per aumentare l'efficienza di produzione. Il focus principale è quello di proporre un progetto in cui si sfrutta un impianto per la produzione di biochar, definito altamente tecnologico.

Il conteggio delle tonnellate nette di CO₂ sequestrate si basa sui seguenti documenti:

- CDM (2017) Methodological Tool 03: Tool to calculate project or leakage CO₂ emissions from fossil fuel combustion, version 03.0;¹²
- CDM (2017) Methodological Tool 05: Baseline, project and/or leakage emissions from electricity consumption and monitoring of electricity generation, version 03.0;¹³
- CDM (2012) Methodological Tool 12: Project and leakage emissions from transportation of freight, version 01.1.0;¹⁴

¹² Disponibile al link: <https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool-03-v3.pdf>.

¹³ Disponibile al link: <https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool-05-v3.0.pdf>.

¹⁴ Op. Cit.

- CDM (2017) Methodological Tool 16: Project and leakage emissions from biomass, version 04.0.¹⁵

- **Monitoring e risk assessment**

Il monitoring prevede come obiettivo principale la dimostrazione dell'effettiva applicazione finale del biochar: vengono riportati i dati di bilancio di emissioni risultanti dallo scenario di progetto durante l'intera vita utile del progetto, nonché il periodo preso in esame.

Il project proponent ha il compito di stabilire e applicare tutte le procedure di gestione dei dati e informazioni indicate nella guida, definendo in anticipo le metodologie da esso attuate e riportare tutte le rilevazioni dei parametri utili per l'accertamento dell'attinenza del progetto alle norme guida, in ogni fase di misurazione.

Il proponente del progetto deve sviluppare e applicare un piano di monitoraggio secondo la norma UNI EN ISO 14064-2:2019 Gas ad effetto serra- Parte 2¹⁶.

Verra è responsabile della verifica di tale documentazione; proprio in questa fase, si effettua un controllo accurato dei dati e delle informazioni riportate dal proponent, con l'obiettivo di valutare il grado di conformità rispetto i criteri di Verra o enti in sua vece.

¹⁵ Disponibile al link: <https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool-16-v4.pdf>.

¹⁶ Disponibile al link: <https://store.uni.com/uni-en-iso-14064-2-2019>

Questa metodologia non è applicabile nelle seguenti condizioni:

- a) Se il biochar viene utilizzato per scopi energetici, bruciato come combustibile o utilizzato in altre applicazioni su suolo o non su suolo in cui non può essere dimostrato che il biochar sia un serbatoio di carbonio a lunga durata e persistente.
- b) In applicazioni in cui una quantità sostanziale del biochar viene ossidata.
- c) In casi in cui vi è una perdita di più del 50% del carbonio misurato sulla base del peso secco.

2.2.3 Documentazione necessaria

La figura 33 offre un riepilogo della documentazione necessaria per completare il processo di certificazione. Nel dettaglio, nella Guida del Programma VCS, i documenti attualmente inclusi sono:

1. Documenti di Requisiti

- a) Standard VCS: fornisce i requisiti per lo sviluppo dei progetti e per il processo di validazione e verifica.
- b) Requisiti Metodologici: offre i requisiti per lo sviluppo di nuovi elementi metodologici.
- c) Requisiti JNR: presenta ulteriori requisiti per lo sviluppo di programmi REDD+ giurisdizionali e progetti REDD+ annidati.
- d) Definizioni del Programma: fornisce le definizioni dei termini utilizzati nei documenti del Programma VCS.
- e) Tabella delle Tariffe del Programma: indica le tariffe relative alle varie parti del Programma VCS.

2. Documenti Procedurali:

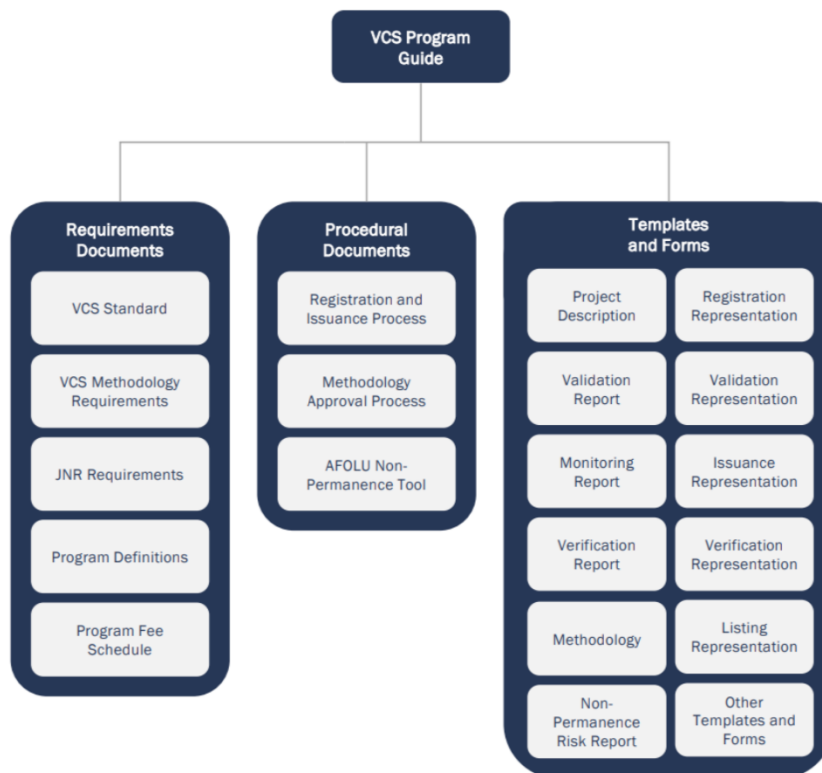
- a) Processo di Registrazione ed Emissione: presta le procedure e le regole per la registrazione dei progetti e l'emissione dei VCU.
- b) Processo di Registrazione e Emissione JNR: illustra le procedure e le regole per la registrazione delle baseline giurisdizionali e dei programmi REDD+ giurisdizionali.
- c) Processo di Validazione e Verifica JNR: mostra il processo e i requisiti per la validazione e la verifica delle baseline giurisdizionali e dei programmi REDD+ giurisdizionali.
- d) Processo di Approvazione della Metodologia: fornisce le procedure e le regole per l'approvazione degli elementi metodologici del Programma VCS.
- e) Strumento di Valutazione del Rischio di Non-Permanenza AFOLU: illustra la procedura per condurre l'analisi del rischio di non-permanenza e la determinazione del buffer per i progetti AFOLU.

3. Modelli e Formulari:

- a) Modelli del Programma VCS: modelli per le descrizioni dei progetti, i rapporti di validazione, i rapporti di monitoraggio, i rapporti di verifica e le metodologie.
- b) Modelli di Rappresentazione: modelli per gli atti di rappresentazione effettuati dai proponenti dei progetti e dagli enti di validazione/verifica.

c) Formulari: formulari come quelli per la presentazione degli elementi metodologici nell'ambito del processo di approvazione della metodologia e per la candidatura come esperto AFOLU.

Figura 33 - Schema di riepilogo della documentazione di supporto alla presentazione della domanda di certificazione presso Verra.



Fonte: https://verra.org/wp-content/uploads/2022/01/VCS-Program-Guide_v4.1.pdf

2.2.4 Tempistiche di emissione

Nella metodologia utilizzata da Verra, viene fatta una sostanziale differenza per quanto riguarda il periodo di emissione di crediti. Tale distinzione prevede che per progetti non legati all'agricoltura o afforestamento, la certificazione di Verra consente l'emissione di crediti per un massimo di 7 anni rinnovabili due volte, per un totale di 21 anni, oppure 10 anni non rinnovabili. Nel caso in cui non vengano fornite indicazioni sulla durata del

processo di certificazione, essa è affine a quella proposta da Gold Standard, viste le vigenti somiglianze tra le due procedure di certificazione.

Per quanto riguarda il processo di rinnovo, vengono ripetuti gli ultimi step di validazione del progetto, grazie ai quali si può valutare se quest'ultimo rispetti ancora i prerequisiti previsti da Verra.

2.2.5 Costi di certificazione e di emissione

Il processo di certificazione stabilisce la presenza di un sistema tariffario, in cui il pagamento è allocato in tutte le fasi di certificazione. Le tariffe sono distinte come segue:

- Fisse: legate a specifici step del processo di certificazione;
- Variabili: legate al quantitativo di crediti emessi attraverso il progetto certificato.

Le quote di pagamento sono ripartite seguendo la tabella 34:

Figura 34- Prezzi dei progetti di certificazione secondo Verra

Fee	Rate																
Account opening fee	USD 500 for each account opened with the Verra Registry, payable in full at account approval ¹																
Account maintenance fee	USD 500 per year for each account, payable in full at account approval and subsequently in January of each year																
Pipeline listing request fee	USD 1,000 for each pipeline listing request, payable at the time of the request																
Project registration request review fee	USD 2,500 for each project registration request, payable at the time of the request ²																
VCU issuance levy, including conversion of GHG credits from approved GHG programs	USD 0.20 per VCU, payable at the time of the issuance request																
Methodology review fees	<p>For new methodologies and major methodology revisions:</p> <ul style="list-style-type: none"> • USD 2,000 review fee due upon initial submission of the concept note (Step 2 of the <i>Methodology Review and Development Process</i>); plus • USD 13,000 review fee due upon initial submission of the draft methodology (Step 3 of the <i>Methodology Review and Development Process</i>). <p>For new modules and tools or major revisions:</p> <ul style="list-style-type: none"> • USD 1,500 review fee due upon initial submission of the concept note (Step 2 of the <i>Methodology Review and Development Process</i>); plus • USD 6,000 review fee due upon initial submission of the draft module or tool (Step 3 of the <i>Methodology Review and Development Process</i>). <p>For minor methodology, module, or tool revisions:</p> <p>USD 6,000 review fee due upon initial submission of the draft revision (Step 3 of the <i>Methodology Review and Development Process</i>).</p>																
Methodology compensation rebate	<p>For cumulative VCU issuances from the applicable methodology from 1 January 2023 to 31 December 2025³ (see Section 3 for payment terms):</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th># of VCUs issued</th> <th>USD / VCU</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1-1,000,000</td> <td>USD 0.02</td> </tr> <tr> <td>1,000,001-2,000,000</td> <td>USD 0.018</td> </tr> <tr> <td>2,000,001-4,000,000</td> <td>USD 0.016</td> </tr> <tr> <td>4,000,001-6,000,000</td> <td>USD 0.012</td> </tr> <tr> <td>6,000,001-8,000,000</td> <td>USD 0.008</td> </tr> <tr> <td>8,000,001-10,000,000</td> <td>USD 0.004</td> </tr> <tr> <td>10,000,000-60,000,000</td> <td>USD 0.002</td> </tr> </tbody> </table>	# of VCUs issued	USD / VCU	1-1,000,000	USD 0.02	1,000,001-2,000,000	USD 0.018	2,000,001-4,000,000	USD 0.016	4,000,001-6,000,000	USD 0.012	6,000,001-8,000,000	USD 0.008	8,000,001-10,000,000	USD 0.004	10,000,000-60,000,000	USD 0.002
# of VCUs issued	USD / VCU																
1-1,000,000	USD 0.02																
1,000,001-2,000,000	USD 0.018																
2,000,001-4,000,000	USD 0.016																
4,000,001-6,000,000	USD 0.012																
6,000,001-8,000,000	USD 0.008																
8,000,001-10,000,000	USD 0.004																
10,000,000-60,000,000	USD 0.002																

Fee	Rate								
Validation/verification body annual fee	<table border="1"> <thead> <tr> <th># of programs</th> <th>USD / year</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 program</td> <td>USD 5,000</td> </tr> <tr> <td>2 programs</td> <td>USD 7,250</td> </tr> <tr> <td>3 or more programs</td> <td>USD 9,000</td> </tr> </tbody> </table>	# of programs	USD / year	1 program	USD 5,000	2 programs	USD 7,250	3 or more programs	USD 9,000
	# of programs	USD / year							
	1 program	USD 5,000							
	2 programs	USD 7,250							
3 or more programs	USD 9,000								
Payable in full at approval and subsequently in January each year. Additional programs approved throughout the year will be billed and payable upon approval. ⁴									
Validation/verification body reinstatement assessment fee	USD 10,000 payable upon application for reinstatement by a validation/verification body that has been suspended or inactivated.								
Gap analysis fee	Determined on a case-by-case basis; contact Verra								

Fonti: Program Fee Schedule, Verified Carbon Standard- A Verra standard, 29 agosto 2023

2.3 Gold Standard

Gold Standard è un'organizzazione no profit che opera all'interno della certificazione dei progetti CDM e dei VCM. Originariamente creato solo per i progetti CDM, è attualmente utilizzato anche per i progetti volontari con uno standard creato ad hoc.

I crediti generati dall'implementazione di progetti secondo lo standard sono definiti Gold Standard Voluntary Emission Reductions (GS VERs) e sono contabilizzati in uno specifico registro. Gold Standard nasce da un'iniziativa del WWF ed è stato sviluppato da una serie di aziende ONG e organizzazioni governative. Lo standard risulta più restrittivo rispetto al CDM ed è caratterizzato dalla necessità, per gli sviluppatori di progetto, di seguire uno studio approfondito sul contributo dei progetti allo sviluppo sostenibile.

Il marchio Gold Standard rappresenta elevata garanzia di qualità sui crediti di carbonio ottenuti da parte di quelle organizzazioni che hanno attivamente contribuito allo sviluppo sostenibile. Inoltre, restringe la cerchia dei progetti verificabili e registrabili solo ed esclusivamente per i settori dell'energia rinnovabile e dell'efficienza energetica.

2.3.1 GS4GG: Gold Standard for the Global Goals

Il GS4GG, acronimo di Gold Standard for the Global Goals, è la versione aggiornata e ampliata del Gold Standard, utilizzata per certificare i progetti riguardanti le riduzioni delle emissioni, in relazione con lo sviluppo sostenibile. Infatti, GS4GG integra gli obiettivi di sviluppo sostenibili dell'Agenda 2030, noti come SDGs, e offre un quadro più completo per certificare diversi progetti ambientali e sociali.

2.3.2 Documenti necessari

Entrando nello specifico, la documentazione dello standard GS4GG è suddivisa in 3 parti e comprende:

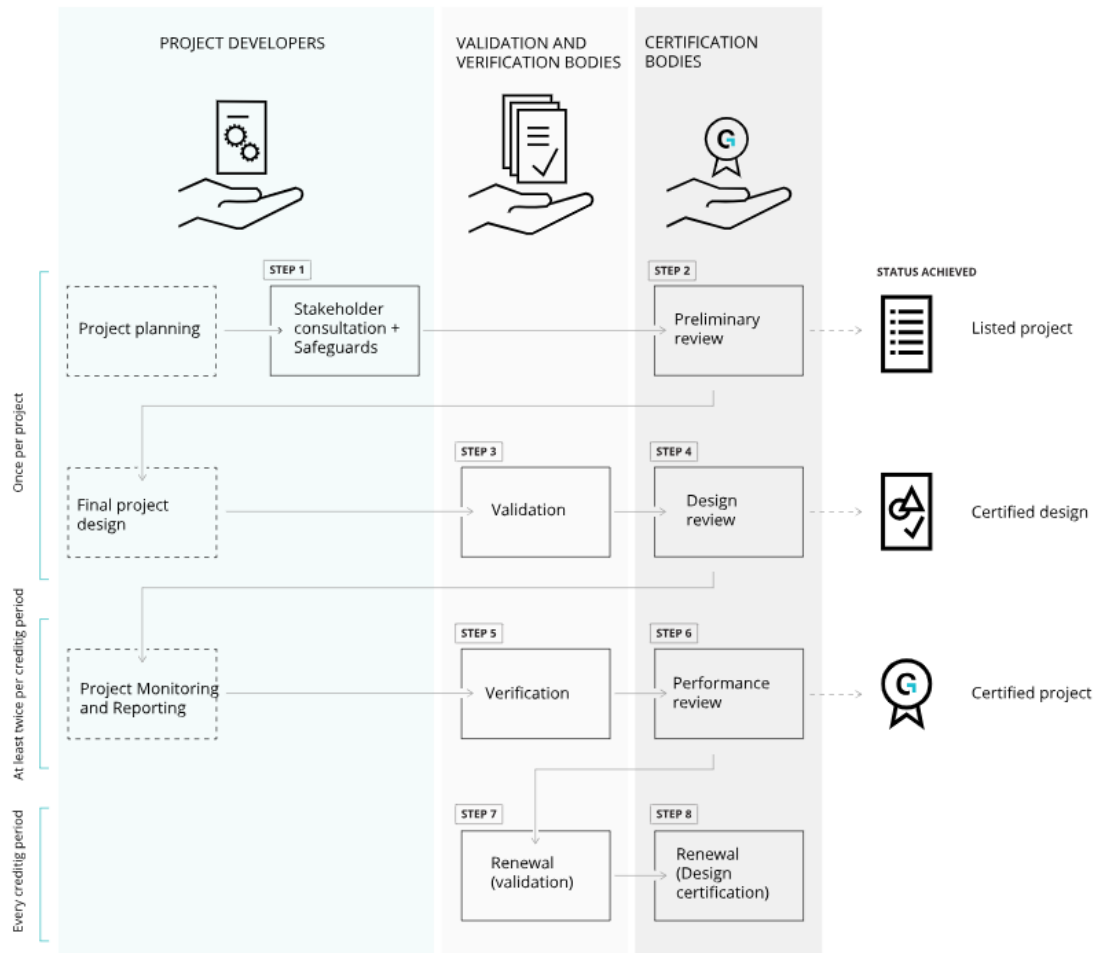
1. Gold Standard Requirements: documento che definisce i principi e le regole della certificazione secondo lo standard di riferimento e fornisce una panoramica sui criteri da seguire da parte dei valutatori e dei proponenti del progetto;
2. Gold Standard Toolkits: documento che descrive il ciclo del progetto e riporta esempi, inerenti alle istruzioni dettagliate sull'uso dello Standard;
3. Gold Standard Annex: allegati riportanti le linee guida obbligatorie da impiegare per lo standard in questione, note, documenti legali e templates da utilizzare durante le varie fasi di certificazione tra i proponenti, i validatori, i verificatori e l'ente certificatore.

2.3.3 Processo di certificazione

L'applicazione di metodologie prudenti e ponderate garantisce un'accurata quantificazione dell'impatto e aiuta a sostenere il successo del progetto a lungo termine; inoltre, il processo di garanzia utilizza organismi di convalida, verifica di terze parti

approvati per controllare i progetti e garantire impatti verificati. La tabella 33 riassume i processi di certificazione.

Tabella 33 - Processo di certificazione



Fonte: <https://www.goldstandard.org/publications/certification-process-stepbystep>

Prima di intraprendere il processo di certificazione GS, gli sviluppatori di progetti devono:

1. Identificare se esiste una metodologia applicabile per il progetto proposto, verificare l'ammissibilità del progetto all'interno dei Principi e Requisiti¹⁷ e dei relativi Requisiti dell'attività del progetto¹⁸;
2. Confermare la progettazione di base del progetto e valutarla rispetto ai principi di salvaguardia del Gold Standard¹⁹. La verifica dei requisiti del GS per gli obiettivi globali è una competenza fondamentale per essere idonei alla certificazione Gold Standard.

Una volta completata la pianificazione del progetto e sviluppato un riepilogo delle informazioni chiave del progetto, può essere avviato il processo di consultazione delle parti interessate, sebbene debba essere tenere una riunione di consultazione delle parti interessate seguendo i requisiti di ammissibilità²⁰.

Inoltre, sono state sviluppate ulteriori linee guida²¹ per fornire supporto ed esempi pratici agli sviluppatori di progetti nell'applicazione dei requisiti.

I progetti dovranno successivamente:

1. inviare il modulo di richiesta di revisione preliminare e presentare un rapporto completo sulla consultazione delle parti interessate;
2. inviare la lettera di accompagnamento GS4GG, i termini e condizioni GS firmati e pagare la tariffa per la revisione.

¹⁷ Disponibile al link: [Principles & Requirements – Gold Standard for the Global Goals](#)

¹⁸ Disponibile al link: [Activity Requirements – Gold Standard for the Global Goals](#)

¹⁹ Disponibile al link: [Safeguarding Principles & Requirements – Gold Standard for the Global Goals](#)

²⁰ Disponibile al link: [Stakeholder Consultation and Engagement Requirements – Gold Standard for the Global Goals](#)

²¹ Disponibile al link: [Stakeholder consultation and engagement Guidelines – Gold Standard for the Global Goals](#)

Il processo di revisione ha una durata compresa tra 14 giorni e le 4 settimane, a seconda del progetto: l'approvazione della revisione preliminare da parte dell'organismo di certificazione si traduce nello stato di "progetto GS listed" rendendo il progetto pubblicamente visibile nel registro degli impatti, consentendone la promozione secondo le linee guida sulle rivendicazioni e dandogli il via libera per procedere alla convalida (step 3) effettuata attraverso una valutazione condotta da un organismo approvato VVB²². La convalida deve essere completata con successo entro due anni dalla data di 'quotazione' del progetto.

Per intraprendere una convalida da parte di terzi, i progetti devono inoltre presentare al VVB delle stime complete degli impatti sul clima e sullo sviluppo sostenibile per almeno 3 SDG, incluso l'SDG 13 sul clima, tramite lo strumento digitale SDG Impact Tool²³. Devono inoltre fornirgli un documento di progettazione del progetto (PDD)²⁴ completato o il relativo documento di progettazione POA²⁵ e/o VPA²⁶, se si sta svolgendo un programma di attività e tutta la documentazione di supporto pertinente per la convalida VVB.

Completata questa fase, i documenti vengono sottoposti all'organismo di certificazione per la revisione della progettazione (Design review) che può essere fatta tramite l'app SustainCERT. Il progetto apparirà come "Design Certified" nel Gold Standard Impact Registry.

²²Disponibile al link esempio di VVB approvato: [Validation & Verification Bodies – Gold Standard for the Global Goals](#)

²³ Disponibile al link: [SDG Impact tools – Gold Standard for the Global Goals](#)

²⁴ Disponibile al link: [Project Design Document – Gold Standard for the Global Goals](#)

²⁵ Disponibile al link: [POA Design Document – Gold Standard for the Global Goals](#)

²⁶ Disponibile al link: [VPA Design Document – Gold Standard for the Global Goals](#)

L'approvazione dà luogo allo status di “GS Design Certified”; ciò significa che la documentazione, compreso il PDD, il Piano di Monitoraggio + Reporting e il Rapporto finale di Validazione, vengono resi pubblici.

La verifica dell'attività del progetto prevede una valutazione indipendente condotta da un organismo accreditato di validazione e verifica, nominato dal promotore del progetto.

Ciò consiste in una visita in loco e/o in una revisione documentale e fornisce una conferma indipendente, che definisce se il progetto e i suoi impatti sono in linea con i requisiti del Gold Standard e le relative metodologie.

Terminata la verifica di parte terza, i documenti vengono sottoposti all'organismo di certificazione per la revisione della progettazione: non appena un progetto ha ricevuto lo "Stato di progetto certificato", può scegliere di emettere prodotti certificati Gold Standard (inclusi crediti di carbonio) e/o dichiarazioni di impatto.

Per mantenere lo stato di progetto certificato Gold Standard oltre i cinque anni, un progetto deve essere sottoposto al rinnovo della certificazione di progettazione: per rinnovare la progettazione certificata di un progetto, è necessario applicare le versioni più recenti delle metodologie, degli strumenti e dei documenti standard, dimostrare la continua necessità di finanziamenti, ridefinire lo scenario di base e aggiornare di conseguenza il proprio sistema di monitoraggio. Questi aggiornamenti vengono quindi convalidati da un organismo di convalida e verifica approvato da terze parti.

2.3.4 Soil Organic Carbon Framework Methodology²⁷

Attualmente, Gold Standard non dispone di una metodologia specifica e autonoma esclusivamente per la certificazione del biochar. Tuttavia, questi progetti possono comunque essere certificati utilizzando metodologie interne che coprono categorie simili in cui il biochar può essere adattato.

Infatti, nel processo di selezione, gli sviluppatori di un progetto devono selezionare una metodologia Gold Standard appropriata che si allinei agli obiettivi di un progetto di biochar (ad esempio, metodologie per la riforestazione o il sequestro del carbonio nel suolo) e adattarla per includere i processi specifici (come la selezione della materia prima, la pirolisi e l'applicazione al suolo).

Una metodologia facilmente adattabile e utilizzata per il biochar in Gold Standard è la “Soil Organic Carbon Framework Methodology”.

La metodologia presenta i requisiti per quantificare i cambiamenti nelle emissioni di GHG e negli stock di carbonio organico del suolo (SOC) attraverso attività che possono evitare le emissioni e sequestrare il carbonio nel suolo, con conseguente aumento del contenuto di SOC.

La metodologia SOC prevede tre approcci per la quantificazione dei miglioramenti del SOC per lo scenario di riferimento e per quello di progetto. Ciò tiene conto del fatto che non tutte le misurazioni e i parametri rilevanti possono essere disponibili per tutti i progetti e le attività SOC. Gli approcci sono i seguenti:

²⁷ Disponibile al link: <https://globalgoals.goldstandard.org/402-luf-agr-fm-soil-organic-carbon-framework-methodology/>

1. Misurazioni sul Campo: Documentare direttamente i livelli di stock di SOC di base e di progetto.
2. Pubblicazioni Peer-Reviewed: Utilizzare studi scientifici per quantificare i livelli di SOC.
3. Fattori di Default: Applicare fattori predefiniti per quantificare i cambiamenti del SOC, secondo le linee guida dell'IPCC (2019).

Sono applicate le seguenti condizioni di ammissibilità:

- a) Localizzazione Geografica: i progetti sono ammissibili in tutte le regioni del mondo.
- b) Area del Progetto
 - Il progetto deve essere realizzato nello stesso appezzamento di terreno che serve da riferimento, assicurando che le condizioni di base e quelle del progetto siano comparabili.
 - Le zone umide e le foreste sono escluse dall'area del progetto per evitare impatti negativi su ecosistemi sensibili e per garantire che le pratiche di gestione del suolo siano appropriate e sostenibili.
- c) Preparazione del Sito
 - La combustione della biomassa per la preparazione del sito è vietata per evitare emissioni aggiuntive di gas serra e per mantenere l'integrità del progetto in termini di riduzione delle emissioni.
 - È cruciale che non ci siano cambiamenti significativi nei regimi idrici superficiali e sotterranei, poiché tali cambiamenti potrebbero alterare le condizioni del suolo e influenzare negativamente la sequestro del carbonio.
- d) Uso del Suolo

- I sistemi di coltivazione devono essere gestiti in modo continuo per almeno 5 anni prima dell'implementazione del progetto per stabilire una baseline affidabile.
- L'attività del progetto non deve comportare un cambio nell'uso del suolo per garantire che i benefici del sequestro del carbonio siano attribuibili alle pratiche migliorate piuttosto che a cambiamenti nell'uso del suolo.

e) Sicurezza Alimentare

- L'attività del progetto non deve comportare una riduzione del raccolto per garantire che la sicurezza alimentare non sia compromessa.
- La resa delle colture sotto le pratiche di gestione del progetto deve essere almeno equivalente alla resa di riferimento per assicurare che le pratiche migliorate non riducano la produttività agricola.

Il gas serra principale monitorato in tutte le attività del progetto SOC è la CO₂. Il monitoraggio di altri gas come il metano (CH₄) o il protossido di azoto (N₂O) può essere richiesto per necessità di monitoraggio. Inoltre, le emissioni di gas serra considerate non significative (meno del 5% della riduzione totale delle emissioni e del sequestro) possono essere omesse dal monitoraggio.

Per calcolare le riduzioni di GHG nel corso del tempo è necessario avere due equazioni. La prima (1) calcola i benefici in termini di gas a effetto serra derivanti dalle attività. Di conseguenza, la CO₂ equivalente all'aumento del SOC meno le emissioni del progetto e i potenziali effetti di dispersione delle emissioni è considerata il beneficio di gas serra attribuibile all'attività del progetto.

$$ER_{t-0} = \left[\left(\Delta C_{SOC,t-0} \times \frac{44}{12} \right) - PE_{t-0} - LK_{t-0} \right] \times (1 - BUF) \quad (1)$$

Where:

ER_{t-0} = emissions reductions to be issued for the calculation period [tCO₂e]

$\Delta C_{SOC,t-0}$ = change in carbon stocks in mineral soils in the calculation period [tC]

$\frac{44}{12}$ = CO₂ to C molecular mass ratio [tCO₂e tC⁻¹]

PE_{t-0} = additional emissions due to project activity in the calculation period [tCO₂e]

LK_{t-0} = leakage of emissions due to project activity in the calculation period [tCO₂e]

BUF = compliance buffer fractions [dimensionless].

Le variazioni di SOC tra due punti nel tempo (periodo di calcolo) sono determinate come la differenza tra le scorte di SOC in ciascun punto, come definito dall'Equazione (2)

$$\Delta C_{SOC,t-0} = (SOC_t - SOC_0) \times (1 - UD) \quad (2)$$

Where:

$\Delta C_{SOC,t-0}$ = change in soil organic carbon stocks in the calculation period [tC]

SOC_0 = soil organic carbon stock at the beginning of the calculation period [tC]

Per quanto riguarda la parte di convalida e di monitoraggio rimane valido il processo di Gold Standard descritto in precedenza.

2.3.5 Costo della certificazione

Il costo finale dell'implementazione e della certificazione del progetto varia in base al tipo, alla scala e alla complessità del progetto.

Le tariffe pagate a Gold Standard includono una commissione di emissione su prodotti come crediti di carbonio o etichette di energia rinnovabile, oltre a una tariffa annuale fissa per la proprietà di un account nel registro di impatto per detenere e gestire le VER emesse.

Altri costi richiesti possono includere revisioni di terze parti da parte di organismi di convalida e verifica approvati e commissioni di revisione della certificazione pagate agli organismi di certificazione. Nella seguente tabella 35, vi sono elencate le tariffe dei prezzi per la certificazione del progetto:

→ Registry Fees

Annual Registry Account Fee	\$1000
Account Reactivation Fee	\$2500 per suspension

→ Project Certification Fees

CERTIFICATION STAGE	Preliminary Review Fee	Project Design Review		Performance Review	Issuance (1st Year i.e., 365 days)		Subsequent issuances (yr2+)		Crediting Period Renewal	Issuance (1st Year after CP renewal i.e., 365 days)		Subsequent issuances (yr6+)			
					Fee model CASH	Fee model Share of Proceeds (SOP)	Fee model CASH	Fee model Share of Proceeds (SOP)		Fee model CASH	Fee model Share of Proceeds (SOP)	Fee model CASH	Fee model Share of Proceeds (SOP)		
PAYABLE AT	1st submission	At time of document submission		At time of document submission	Time of issuance		Time of issuance		At time of submission	Time of issuance		Time of issuance			
PROJECT STREAM, TYPE OR SCALE															
GS VERs	Charged by third party certification body (currently SustainCERT)	\$0.15 per credit (ex-ante estimation for 1st year) minus \$900 credited from Preliminary Review Fee		Charged by third party certification body (currently SustainCERT)	\$0.15 per credit (ex-post requested) minus \$1000 credited from Performance Review Fee		\$0.30 per credit (ex-post requested) minus \$1000 credited from Performance Review Fee	\$0.10 per credit + 2% credits (ex-post requested) minus \$1000 credited from Performance Review Fee	\$0.15 per credit (ex-ante estimation for 1st year of subsequent crediting period)	\$0.15 per credit (ex-post requested) minus \$1000 credited from Performance Review Fee		\$0.30 per credit (ex-post requested) minus \$1000 credited from Performance Review Fee	\$0.10 per credit + 2% credits (ex-post requested) minus \$1000 credited from Performance Review Fee		
GS CER Carbon		\$0.05 per credit minus \$900 credited from Preliminary Review Fee			\$0.05 per credit minus \$1000 credited from Performance Review Fee		\$0.10 per credit minus \$1000 credited from Performance Review Fee	\$0.02 per credit + 1.5% of issuance minus \$1000 credited from Performance Review Fee		\$0.05 per credit	\$0.05 per credit minus \$1000 credited from Performance Review Fee		\$0.10 per credit minus \$1000 credited from Performance Review Fee	\$0.02 per credit + 1.5% of issuance minus \$1000 credited from Performance Review Fee	
LUF Carbon		Charged by third party certification body			Charged by third party certification body		\$0.30 per credit	\$0.30 per credit		N/A	Charged by third party Certification body	\$0.30 per credit		\$0.30 per credit	N/A
Microscale Carbon		\$0.15 per credit (ex-ante estimation for 1st year) minus \$500 credited from Preliminary Review Fee			\$0.15 per credit (ex-post requested) minus \$650 credited from Performance Review Fee		\$0.30 per credit (ex-post requested) minus \$650 credited from Performance Review Fee	\$0.10 per credit + 2% credits (ex-post requested) minus \$650 credited from Performance Review Fee		Same as GS VERs		\$0.15 per credit (ex-post requested) minus \$650 credited from Performance Review Fee		\$0.30 per credit (ex-post requested) minus \$650 credited from Performance Review Fee	\$0.10 per credit + 2% credits (ex-post requested) minus \$650 credited from Performance Review Fee
CERs to GS VERs transition/conversion projects		Fee Model: CASH \$ 0.15 per credit (1st year issuance) minus \$900 credited from Preliminary Review Fee	Fee Model: Share of Proceeds (SOP) \$ 0.05 per credit (1st year issuance) minus \$900 credited from Preliminary Review Fee		\$ 0.15 per credit (1st year issuance) minus \$1000 credited from Performance Review Fee		\$ 0.05 + 2% per credit of 1st year VER issuance minus \$1000 credited from Performance Review Fee	\$0.30 per credit (ex-post requested) minus \$1000 credited from Performance Review Fee		\$0.10 per credit + 2% credits (ex-post requested) minus \$1000 credited from Performance Review Fee	Same as GS VERs		\$ 0.15 per credit (1st year issuance) minus \$1000 credited from Performance Review Fee	\$ 0.05 + 2% per credit of 1st year VER issuance minus \$1000 credited from Performance Review Fee	\$0.30 per credit (ex-post requested) minus \$1000 credited from Performance Review Fee
Projects may change fee model at any time															
POAs AND VPAs															
POA + 1st real case VPA (and subsequent real case VPAs)	Same as GSVERs														
VPAs (real case + regular) following regular inclusion VPAs pathway	Same as GSVERs														
Regular VPAs following fast track	No fee	\$0.15 per credit (ex-ante estimation for 1st year)		\$1000	Same as GS VERs		Same as GS VERs		Same as GS VERs		Same as GS VERs				
OTHER LABELS AND IMPACT STATEMENTS															
Renewable Energy Labels	\$900**	\$1'500		\$1000**	\$0.10 per certificate			\$0.10 per certificate	N/A	\$1500			\$0.10 per certificate	N/A	
ADALy's	\$900**	\$4'500		\$4500	TBD			TBD	TBD	\$4500			TBD	TBD	
Black Carbon	\$900**	\$4500		\$4500	TBD			TBD	TBD	\$4500			TBD	TBD	

** only applicable if the project is not seeking GS VERs along with this product.

Tabella 35- Prezzi per la certificazione

→ Microscale Validation and Verification Fund Fees

	Stand alone project	POA (inc. VPA 1)	per additional VPA
Validation Fee	\$5000	\$22500	\$2500
Annual Verification Fee	\$2500	N/A	\$1500

Only applicable if project opts for internal validation/verification

→ Methodology development fees

Methodology approval fee	Dependent upon methodology. Please contact Gold Standard.
--------------------------	---

→ Conversion Fees

Gold Standard CER to Gold Standard VER	The fee is the balance between the CER fee and VER fees.
Gold Standard VER/CER to Renewable Energy Label	\$750 per project

→ VVB Approval Fees

Application review fee (valid for 36 months)	\$2500 per entity/1 scope \$4600 per entity/2 scopes
Application renewal fee (every 36 months)	\$1500 per entity
Annual approval fee (covers 5 auditors)	\$1500/1 scope \$2800/2 scopes
Annual fee per additional lead auditor	\$500 per person/1 scope
Fee per additional training	\$500 per person

→ Other Fees

Deviation reconsideration request	A fee of \$1000 per deviation request shall be paid. For overturned decisions, the fee will be discounted from the next applicable fee.
-----------------------------------	---

Fonte: [ZeyTMHUurf2G3Ocu_GS-fee-schedule-Sept_2023.pdf \(prismic.io\)](#)

2.4 Puro.earth

Nel 2019, Puro.earth ha introdotto sul mercato la prima metodologia di accreditamento per la rimozione del carbonio per il biochar. Secondo lo Standard Puro, l'azienda si occupa di rilasciare certificati di rimozione della CO₂ (CORC) ai fornitori di rimozione del carbonio attraverso il registro Puro, i quali possono essere acquistati dalle aziende attente al clima per neutralizzare le proprie emissioni e sostenere le proprie richieste di sostenibilità.

L'aspirazione è quella di creare un quadro di funzionamento per la certificazione di CO₂ a lungo termine; generare un incentivo per la rimozione di CO₂ e fornire alle aziende i mezzi per realizzare il loro valore sociale nella battaglia col cambiamento climatico.

Lo Standard Puro è un programma per l'emissione, il trasferimento e il ritiro di Certificati

di rimozione CO2 (Corcs). Nel sistema, gli impianti di produzione in grado di rimuovere la CO2 sono verificati e certificati in modo indipendente. I Corcs sono rilasciati per verificare il volume di rimozione net di anidride carbonica a lungo termine e sono successivamente trasferibili ad altri titolari di acconto. Il valore del CORC è realizzato da pensionamento, quindi rimuovendolo dalla circolazione e rendendo il beneficiario del pensionamento l'unico proprietario degli attributi di rimozione della CO2.

La seguente figura 36 illustra il ciclo di vita dei certificati di rimozione di CO2:

Figura 36- Ciclo di vita

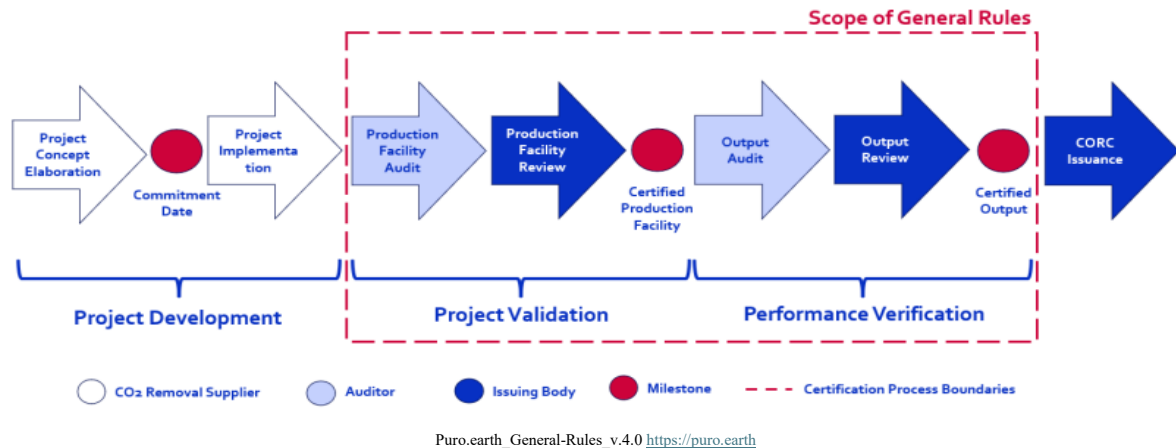


Fonte: Puro.earth_General-Rules_v.4.0 <https://puro.earth>

2.4.1 Processo di certificazione

Le spese di servizio relative al processo di certificazione sono definite nell'accordo di piattaforma. Nella tabella 37 viene mostrato il processo di certificazione di Puro e l'obiettivo delle regole generali:

Tabella 37- Processo di certificazione



1. **Sviluppo del Progetto:** un fornitore di rimozione di CO2 sviluppa un progetto con lo scopo di sequestrare e immagazzinare il carbonio in maniera duratura.
2. **Validazione del progetto:** la convalida del progetto comporta un audit dello stabilimento di produzione da parte di un revisore esterno indipendente, seguito da una revisione degli impianti di produzione da parte dell'organismo emittente. Tutti i fornitori di rimozione di CO2 devono presentare i propri dati per la convalida del progetto che dev'essere completata entro 3 anni dalla data dell'impiego. Un audit degli impianti di produzione inizia quando il fornitore ha:
 - a. Compilato il Know Your Client (KYC);
 - b. Firmato l'accordo di piattaforma;
 - c. Presentato la registrazione dello stabilimento di produzione;
 - d. Firmato la documentazione di audit dello stabilimento di produzione che comprende: descrizione progetto; relazione sulla valutazione del ciclo di vita e calcolo del CORC; stima del rischio di incertezza e inversione di tendenza; dimostrazione di conformità degli altri

requisiti applicabili nella metodologia; consultazione di stakeholder e infine, salvaguardia ambientale e sociale.

3. **Verifica performance:** comporta un controllo di output da parte di un revisore esterno indipendente, seguito da una revisione della produzione da parte dell'organismo emittente.
4. **Controllo output:** un controllo della produzione può iniziare quando il fornitore della rimozione della CO₂ ha presentato una relazione sulla produzione per un impianto di produzione per un determinato periodo di monitoraggio. Viene effettuata una verifica per determinare che il volume di rimozione di CO₂ comunicato ha avuto luogo e l'impianto di produzione è conforme ai requisiti del Puro Standard General Rules e metodologia applicabile. L'organismo emittente pubblica nel registro la relazione di audit e la dichiarazione sull'output.
5. **Revisione output:** l'analisi dei risultati è effettuata dall'organismo emittente. Comporta la revisione della relazione di audit dei risultati e la documentazione presentata dal fornitore della rimozione di CO₂ per l'audit delle emissioni. La revisione della produzione di un impianto di produzione può comportare: una recensione di output di successo oppure una revisione della produzione non riuscita. In caso di esito negativo della revisione dello stabilimento di produzione, il fornitore di rimozione della CO₂ potrà affrontare le questioni di non conformità individuate entro 30 giorni e presentare una nuova documentazione per un riesame.

Con un esito positivo di revisione di output:

- i. Il fornitore di rimozione della CO₂ può passare all'emissione CORC;

ii. La relazione di audit e la dichiarazione sono rese pubbliche nel registro.

iii. La documentazione relativa agli impianti di produzione è resa pubblica nel registro, in particolare:

- descrizione del progetto; posizione;
- fornitore di rimozione della CO₂;
- metodologia e dettagli tecnologici;
- relazione di riferimento e di valutazione dell'addizionalità;
- relazione di consultazione delle parti interessate;
- valutazione delle garanzie ambientali e sociali;
- descrizione degli impatti positivi degli SDG;
- quantificazione dell'output verificata per il periodo di monitoraggio definito nella CORC o della metodologia applicabile.

6. Combinazione di validazione o verifica performance del progetto:

l'organismo emittente può scegliere di combinare la convalida del progetto e la verifica delle prestazioni. Il fornitore di rimozione CO₂ rende noti tutti i documenti necessari per la Production Facility Audit e Output Audit. Il controllore può prendere in considerazione la validazione, la verifica e presentare la valutazione del revisore sulla conformità e le prestazioni in un impianto di produzione combinato.

2.4.2 Tempistiche di certificazione e frequenza

La prima data del primo periodo di monitoraggio segna l'inizio di un periodo di accredito. L'accredito dura 5 anni, salvo diversa indicazione nella metodologia applicabile. Il

periodo di accreditamento può essere rinnovato due volte dopo il successo a un nuovo controllo di impianto di produzione. Il periodo di accreditamento non si sovrappone con un altro periodo di accredito.

2.4.3 Requisiti per l'ammissibilità

Un'attività ammissibile è in grado di produrre un prodotto biochar con stabilità a lungo termine: la rimozione di CO₂ è il risultato del riscaldamento della biomassa organica senza o con un apporto limitato di ossigeno, come i processi di pirolisi o di gassificazione. Biochar è un materiale in cui gli atomi di carbonio hanno legami più forti di quelli trovati nella biomassa genitore ed è quindi più resistente ai processi di degradazione biotica e abiotica quando posto nell'ambiente.

La stabilità del biochar può essere definita come il rapporto tra idrogeno molare e carbonio organico (H/C_{org}); un materiale con un H/C_{org} inferiore a 0,2 è caratterizzato come difficilmente degradabile nell'ambiente. I requisiti sono i seguenti:

- a) Biochar dev'essere utilizzato in applicazioni che conservano la sua proprietà di stoccaggio del carbonio, come substrati di serra, additivi per mangimi animali o materiale isolate.
- b) Il biochar dev'essere prodotto dalla biomassa sostenibile o rifiuti di biomassa quali: rifiuti agricoli, biodegradabili, di legno urbani o alimentari.
- c) Il produttore deve dimostrare la net negativity con i risultati di una valutazione del ciclo di vita (LCA) o impronta di carbonio della produzione, della fornitura di biomassa e dell'uso biochar, comprese le informazioni disaggregate sulle emissioni derivanti da diversi gas

serra. L'LCA deve seguire i principi generali definiti nella norma ISO 14040/44 e il campo di applicazione definito nella metodologia.

- d) Nel processo di produzione biochar, l'uso di combustibili fossili (carbone, petrolio, gas naturale) per l'accensione, preriscaldamento o riscaldamento del reattore di pirolisi è consentito. Tuttavia, la co-combustione di combustibili fossili e la biomassa nella stessa camera di reazione non è consentita, poiché il carbonio fossile può essere miscelato con il prodotto biochar. Le emissioni di gas a effetto serra associate all'uso di questi combustibili devono essere incluse nel LCA (i.e. fornitura di combustibile, emissioni fuggitive), come per qualsiasi altra energia e materiale in ingresso utilizzati durante il processo di produzione.
 - e) Nel processo di produzione biochimica, i gas di pirolisi devono essere bruciati o recuperati attraverso un processo ingegnerizzato che annulla o rende trascurabili le emissioni di metano nell'atmosfera. Bio-petrolio e gas di pirolisi possono essere immagazzinati per un uso successivo come energia rinnovabile o materiali.
 - f) Il biochar prodotto deve avere un rapporto molare H Corg inferiore a 0,7. Il rapporto H/ Corg è un indicatore del grado di carbonizzazione e quindi della stabilità biochar. Valori superiori 0.7 sono un'indicazione di caratteri non pirolitici o carenze di pirolisi.
 - g) Il biochar prodotto deve soddisfare tutti i requisiti di qualità del prodotto esistenti nella giurisdizione in cui esso viene utilizzato.
- Ad esempio, per l'uso nel suolo, vi sono limitazioni riguardanti

requisiti legali in termini di metalli pesanti, poliaromatici idrocarburi (IPA), e altri contenuti di contaminanti organici. Nelle giurisdizioni, dove i requisiti esistono per le applicazioni previste, il biochar prodotto deve essere confrontato con soglie di qualità definite in standard di qualità volontari, come l'International Biochar Initiative (IBI) Programma di certificazione o il certificato Biochar europeo (EBC).

- h) Devono essere adottate misure per garantire un ambiente di lavoro sicuro, una produzione più pulita e un trasporto sicuro di biochar, al fine di prevenire incendi, polveri e rischi per la salute. Tali misure di sicurezza includono lo spegnimento e raffreddamento post-produzione di biochar e gas di scarico appropriati sistemi di trattamento.
- i) L'ammissibilità dello stabilimento è determinata nell'audit dello stabilimento di produzione.

2.4.4 Requisiti per lo stabilimento di produzione dell'audit

L'Auditor dello Stabilimento di Produzione verifica l'impianto di produzione rispetto ai requisiti per le attività ammissibili ai sensi delle norme generali di Puro Standard, del requisito specifico nella metodologia e le prove necessarie dalla rimozione del CO2 fornitore.

Tale fornitore deve essere in grado di dimostrare che le attività dell'impianto di produzione non arrechino danni significativi all'ambiente circostante o alle comunità locali. Questo può essere eseguito attraverso:

- Valutazione dell'impatto ambientale (VIA);
- Autorizzazione ambientale;

- Altra documentazione approvata dall'organismo emittente in materia di analisi e di gestione degli impatti ambientali e sociali;
- Attività dello stabilimento di produzione sviluppate con consenso da parte delle comunità locali e altre parti interessate; hanno inoltre una politica per affrontare potenziali reclami.

Il fornitore della rimozione di CO₂ deve essere in grado di dimostrare l'addizionalità, il che significa che il progetto deve dimostrare in modo convincente che gli assorbimenti di CO₂ sono il risultato del carbon finance. Anche con un sostanziale sostegno finanziario non legato al carbonio, i progetti possono essere aggiuntivi, se sono necessari investimenti: il rischio è presente e/o il capitale umano deve essere sviluppato. Per dimostrare l'addizionalità, il fornitore di CO₂ rimozione deve garantire progetto completo finanziario e l'analisi controfattuale sulla base di Linee di base specifiche del progetto, conservative e aggiornate periodicamente. I fornitori devono anche dimostrare che il progetto non è richiesto da leggi esistenti, regolamenti, o altri vincolanti.

Il revisore dei conti dell'impianto di produzione verifica che quest'ultimo sia in grado di misurare e quantificare la produzione biochar in modo affidabile.

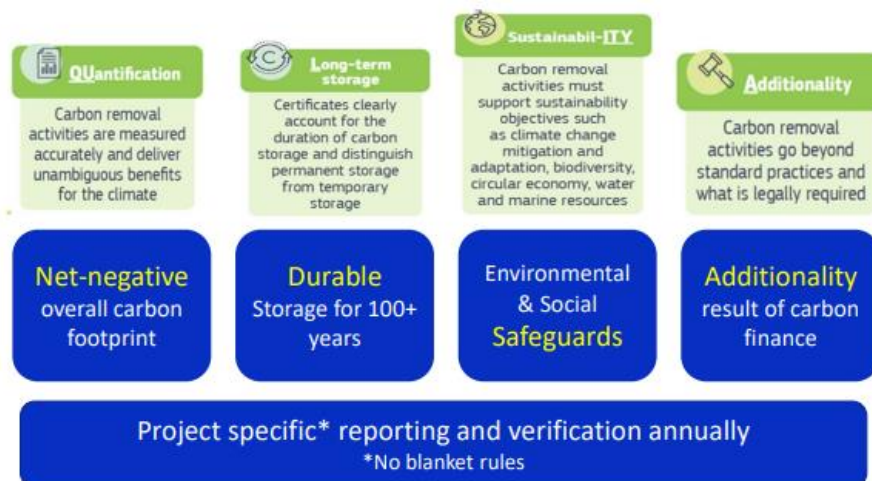
I dati che devono essere raccolti dal revisore comprendono:

- Il documento redatto dal fornitore di rimozione di CO₂ che registra l'impianto di produzione;
- L'estratto del registro di commercio certificato o un documento ufficiale analogo, attestante che l'organizzazione è validamente esistente e fondata secondo le leggi del paese d'origine;
- L'ubicazione dello stabilimento di produzione;

- Il volume della produzione durante l'intero anno solare precedente la registrazione;
- Il metodo di rimozione per il quale l'impianto può ricevere Corcs;
- La data in cui l'impianto di produzione diventa idoneo a ricevere i Corcs;
- Se l'impianto di produzione ha beneficiato del sostegno pubblico;
- La documentazione sulle garanzie ambientali e sociali imposte.

La seguente tabella 38 offre una visione sommaria di quanto appena descritto:

Tabella 38- Requisiti di Puro standard



Fonte: [b5bf9eef-b4c8-4adc-bf72-7b06537d5d06_en \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/euro-observatory/en/infographic/10-requirements-for-carbon-removal-certificates)

I Corcs sono rilasciati dal fornitore di rimozione CO₂, devono essere autorizzati a rappresentare l'intera supply chain end-to-end delle attività di stoccaggio, seguire le regole della metodologia e mettere a disposizione dei revisori i dati di verifica per tutte le parti della catena di fornitura.

Per il rilascio di Corcs, il Biochar deve essere stato prodotto e già introdotto nel suolo o mescolato con un materiale dove non può più essere separato.

2.4.5 Metodo di calcolo per la quantità di rimozione di Corcs

Per comprendere come calcolare la quantità di rimozione di anidride carbonica certificata (Corcs) risultante dall'attività di produzione di biochar in un dato periodo di riferimento, bisogna prendere in analisi l'equazione globale e i suoi parametri.

L'equazione globale per il sequestro netto di carbonio per 100 anni è la seguente:

$$\text{CORCS} = E_{\text{stored}} - E_{\text{biomass}} - E_{\text{production}} - E_{\text{use}}$$

L'unità di tonnellate si riferisce qui alle tonnellate metriche (i.e. 1000 kg). Tutti i termini sono contati come positivi.

In cui:

- *C_{org}* è il contenuto di carbonio organico del biochar prodotto ed è determinato dall'analisi di laboratorio di esso, con una metodologia di campionamento rappresentativa. È l'ammontare net di CO₂ rimossa oltre 100 anni dall'attività di produzione di biochar.
- *E_{stored}* è l'ammontare di CO₂ sequestrato oltre i 100 anni ed è dato dall'equazione:

$$E_{\text{stored}} = Q_{\text{biochar}} \times C_{\text{org}} \times F_p^{TH, Ts} \times \frac{44}{12}$$

In cui:

- *Q_{biochar}* è la quantità di biochar prodotta nel periodo di riferimento. Essa è espressa in tonnellate metriche secche di biochar. Occorre fare attenzione ad escludere qualsiasi umidità, poiché, includendo l'acqua potrebbe portare

a una sovrastima del carbonio effettivamente sequestrato.

- *E biomass* rappresenta il ciclo di vita delle emissioni gas greenhouse crescenti dalla produzione di biomassa.
- *E production* rappresenta il ciclo di vita delle emissioni gas greenhouse crescenti dalla trasformazione di biomassa in biochar.
- *E use* rappresenta il ciclo di vita delle emissioni gas greenhouse crescenti dall'utilizzo di biochar inclusa la distribuzione fino all'utilizzo finale.
- *Fp* è il fattore di permanenza del carbonio organico biochar in un periodo di tempo T_h e in un determinato suolo a temperatura T_s . È noto anche come stabilità al carbonio biochar, ed è espresso in percentuale (%). In un dato T_h e T_s , il fattore di permanenza *Fp* è solo una funzione del rapporto molare H/Corg del biochar e segue la relazione lineare di seguito:

$$Fp^{T_h, T_s} = \mathbf{c} + \mathbf{m} \text{ H/Corg}$$

Il rapporto molare H/Corg di un campione biochar è derivato dall'analisi di laboratorio dei dati che distinguono il contenuto in massa di idrogeno per quello di massa di carbonio organico del biochar, e moltiplicando il risultato con il rapporto di carbonio massa molare su massa molare idrogeno. In altre parole:

$$H/C_{org} (molar) = \frac{m_H(\%)}{m_C(\%)} \times \frac{M_C (g \text{ mol}^{-1})}{M_H (g \text{ mol}^{-1})} = \frac{m_H(\%)}{m_C(\%)} \times \frac{12}{1.0}$$

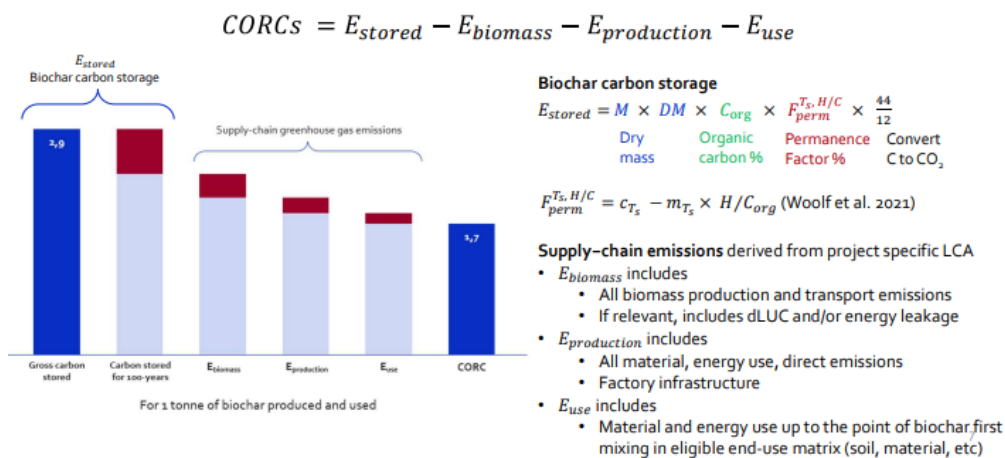
I coefficienti di regressione **c** e **m** sono una funzione dell'orizzonte temporale T_h e del suolo temperatura T_s . Per individuare l'appropriato **c** e **m** da utilizzare, il produttore biochar dovrebbe considerare le regioni in cui il biochar è probabile venga utilizzato. Se non è possibile definire una

regione principale per l'uso biochar, la temperatura media del suolo di 14,9 °C può essere utilizzata come valore predefinito.

- Il fattore 44/12 è il rapporto tra la massa molare dell'anidride carbonica e la massa molare del carbonio.

La seguente figura 39 riassume quanto appena illustrato:

Figura 39- Calcolo dei CORCs



Fonte: https://climate.ec.europa.eu/document/download/b5bf9eef-b4c8-4adc-bf72-7b06537d5d06_en?filename=event_20231025_presentations_2_en.pdf&prefLang=ro

2.4.6 Costi di certificazione

I costi di certificazione di Puro.earth sono generalmente strutturati come segue:

1. Quota annuale di adesione alla piattaforma: Puro.earth addebita una quota annuale di 1400 euro ai propri sottoscrittori, i quali hanno la possibilità di gestire e ritirare i CORCs dalla piattaforma.
1. Tariffa di iscrizione: tariffa iniziale per inserire il tuo progetto sulla piattaforma Puro.earth. Questa copre i processi amministrativi e di verifica necessari per certificare che un progetto soddisfa lo Standard Puro per la rimozione del carbonio.
2. Tariffa di servizio: viene applicata al fornitore quando il credito viene

scambiato per la prima volta e si basa sia sul volume della produzione annua stimata dei CORCs e sul loro livello di prezzo. La commissione di servizio viene quindi prelevata dal valore totale della transazione.

Tabella 40 – Livelli di prezzi in rapporto ai livelli di volumi

Annual output	Price level 1		Price level 2	Price level 3	Price level 4	Price level 5	
	Min	Max	0.0-50.0€	51.0-100.0€	101.0-300.0€	301.0-600.0€	601.0-0.0€
Volume level 1	0	2000	20%	12%	10%	10%	7%
Volume level 2	2001	20000	10%	8%	6%	5.5%	5%
Volume level 3	20001	50000	7.5%	7%	5.5%	5%	3%
Volume level 4	50001	100000	7%	6%	5%	4%	2%
Volume level 5	100001	300000	6%	5%	4%	2%	1%
Volume level 6	300001	500000	5%	3%	2%	1%	0.4%
Volume level 7	500001	1000000	4%	2.5%	1.5%	0.8%	0.3%
Volume level 8	1000001	5000000	3%	2%	1%	0.6%	0.25%
Volume level 9	5000001	0	2%	1.5%	0.7%	0.35%	0.2%

Fonte: <https://puro.earth/fees>

Dalla figura 40, si possono individuare le diverse fasce di prezzo, suddivise per livelli di volume. In caso di pagamento anticipato, la metà della commissione di servizio non pagate verranno saldate e fatturate una volta noti i volumi e i prezzi finali. In tale quota di servizio sono inclusi:

- Registrazione;
- Preparazione all'audit;
- Verifica e convalida;
- Audit degli output;
- Emissione;
- Trasferimento di proprietà.

2.5 South Pole

South Pole è un ente certificatore, volto a sviluppare e implementare progetti e strategie a livello mondiale, con l'obiettivo ultimo di ridurre le emissioni, trasformando l'azione per il clima in un'opportunità finanziaria e commerciale. Questa società offre l'opportunità ad aziende, governi e organizzazioni di creare rendimento a lungo termine, tramite percorsi di decarbonizzazione in diversi settori: tramite la conoscenza approfondita dei rischi e delle opportunità climatiche in specifiche branche, South Pole propone una riallocazione del capitale su larga scala, cogliendo le diverse opportunità presenti sul mercato.

La visione generale che caratterizza questo ente certificatore si basa sulla motivazione morale a favore dell'azione nei confronti del clima: il gruppo è consapevole dell'importanza della salvaguardia ambientale e dello sviluppo sostenibile; tuttavia, ha dato rilevante importanza anche ai nuovi posti di lavoro creati. Per questa ragione, secondo la matrice ideologica di South Pole, "clima" e "sviluppo umano" sono elementi complementari in una questione ben più grande: la lotta al cambiamento climatico.

Dal 2006 South Pole supporta le piccole e grandi imprese, verso una "società climaticamente intelligente", favorendo un'azione efficace verso il surriscaldamento globale. Inoltre, è membro del Global Compact delle Nazioni Unite e sottoscrittore delle iniziative Business Ambition for 1.5°C di SBTi e Race to Zero di UNFCCC.

Riguardo all'uso del Biochar, South Pole ha dato origine a una nuova strategia: la metodologia VM0044 dei VCS per l'utilizzo del biochar sul suolo e non, di cui abbiamo parlato in precedenza nel sottocapitolo 2.2. Grazie a questa innovativa metodologia, l'uso del biochar può essere certificato, seguendo uno dei principali standard mondiali del carbonio.

Nel maggio 2022, i livelli di anidride carbonica hanno raggiunto livelli mai registrati nella storia mondiale: per questo motivo, è stato posto l'obiettivo di ridurre le emissioni annuali globali a zero entro il 2050. Per ottenere ciò, tuttavia, è necessario un processo di decarbonizzazione dell'atmosfera, ma anche delle economie. Il biochar rappresenta un mezzo efficace da utilizzare sia nel suolo che nel non-suolo, come ad esempio l'asfalto o nel cemento. Ad oggi rappresenterebbe uno dei metodi più efficienti, veloci e sicuri per limitare la presenza di CO₂.

2.5.1 Processo di certificazione

South Pole ha contribuito a un solido quadro per lo sviluppo di progetti di carbonio biochar nell'ambito del VCS, al fine di garantire un'elevata integrità ambientale. La cosiddetta "metodologia per l'utilizzo del biochar nell'applicazione nel suolo e non nel suolo" definisce criteri di ammissibilità specifici del progetto e requisiti che devono essere soddisfatti se vogliono essere ritenuti a impatto positivo riguardo la rimozione di carbonio.

La quantità di carbonio generata con la metodologia VCS per l'utilizzo del biochar in applicazione del suolo e non-suolo è composta da tre fasi:

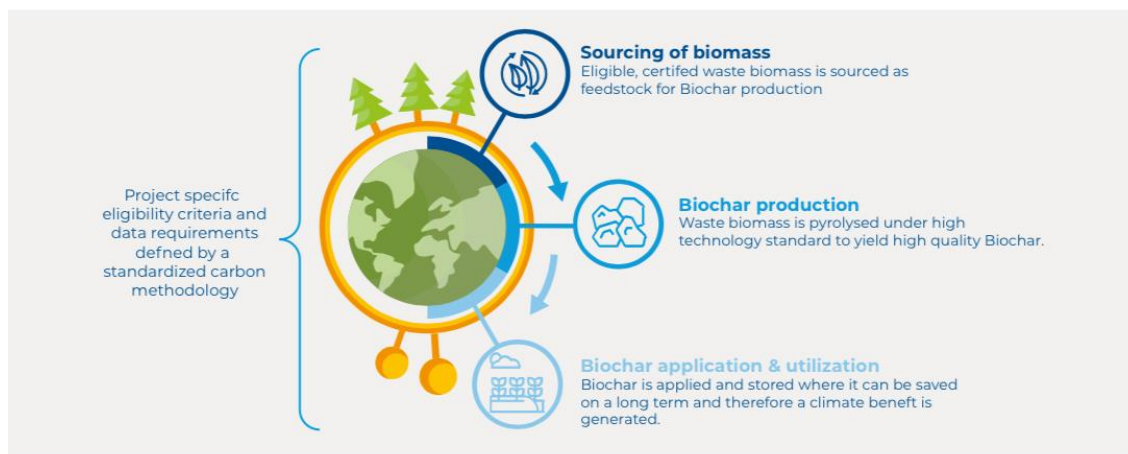
1. **Approvvigionamento di biomassa:** la biomassa di rifiuti ammissibile e certificata deriva da materia prima per la produzione di biochar. Ciascuna di esse deve precedentemente verificare la propria origine, dimostrando la propria qualifica come materiale di scarto e che non interferisca con la biomassa di altri processi;
2. **Produzione del biochar:** la biomassa di scarto viene pirolizzata, seguendo standard tecnologici elevati per favorire la produzione di biochar di alta qualità.

Sebbene possano essere utilizzate diverse tecnologie di pirolisi, devono essere effettuati elevati controlli riguardo le emissioni e l'inquinamento; inoltre, affinché un progetto sia considerato ammissibile, deve essere minimizzata la dispersione di energia;

3. **Applicazione e utilizzo di biochar:** il biochar viene applicato e stoccato, al fine di preservarne le proprietà a lungo termine, per un periodo lungo circa 100 anni. Alcune applicazioni non-suolo, come la produzione di cemento e asfalto, prevedono, tuttavia, la miscelazione con diversi materiali, purché sia garantito un periodo di immagazzinamento pari o superiore ai 100 anni. In questa ultima fase, viene effettivamente generato un beneficio climatico.

Nella figura 41, è riassunto brevemente il processo appena illustrato.

Figura 41 - Fasi principali per il progetto di Biochar



Fonti: biochar_factsheet_south_pole_blog

Tuttavia, nel febbraio del 2021, South Pole ha avviato una collaborazione con *Carbo Culture*, per ampliare la gamma di progetti per la rimozione del carbonio: questa partnership permette agli investitori di sostenere la rimozione del carbonio, grazie all'acquisto di biochar premium, prodotto nato dalla commistione di una soluzione

tecnologica e una di matrice ambientale. Ogni tonnellata di biochar di Carbo Culture contiene 3,2 tonnellate di CO₂, avente una forma solida; sono biocarburanti molto versatili in campo di risanamento ambientale tradizionale, in quanto incentivano diversi benefici, come ad esempio l'aumento della fertilità o la crescita di colture, oppure la riduzione delle emissioni.

La certificazione del biochar prodotto da Carbo Culture avviene secondo gli standard di rimozione del carbonio Puro.earth. Le rimozioni vengono verificate e misurate da un ente esterno e successivamente trasformate in certificati di rimozione di carbonio, noti come Corc, come già descritto in precedenza. Ad ogni Corc di Puro.earth corrisponde una tonnellata di CO₂ rimossa e verificata.

Le fasi principali della certificazione secondo South Pole includono i seguenti passaggi:

1. Valutazione preliminare, in cui vengono raccolte le informazioni necessarie relative al biochar, come i dettagli sulla produzione e sulle fonti delle materie prime, etc.
2. Analisi delle proprietà del biochar, in cui viene fatta un'analisi delle proprietà fisiche e chimiche del biochar. Ne sono un esempio la valutazione della composizione del materiale, la porosità o i livelli del PH.
3. Valutazioni della sostenibilità: infatti, South offre una valutazione completa del processo di produzione del biochar, tenendo conto quindi anche degli impatti sociali e ambientali;
4. Verifica indipendente, fase in cui interviene un ente esterno, al fine di verificare la conformità degli standard richiesti;

5. Monitoraggio e rapporti, in cui, invece, vengono monitorate le certificazioni, offrendo rapporti periodici, al fine di garantire il mantenimento degli standard di sostenibilità nel lungo periodo;
6. Certificazione finale, rappresenta la fase conclusiva del processo ed è la fase in cui viene emessa la certificazione ufficiale del biochar da parte di South Pole.

2.5.2 Tempi e costi di certificazione

I tempi necessari per ottenere la certificazione sono i medesimi di Verra, in quanto la metodologia utilizzata la stessa. Riguardo invece ai costi di certificazione, South Pole offre la possibilità di ottenere preventivi personalizzati, in base alle esigenze delle diverse imprese. Nel sito ufficiale²⁸, è presente un form da completare per avere informazioni a riguardo.

2.5.3 I criteri di ammissibilità

I requisiti necessari affinché il biochar sia ritenuto idoneo per ottenere la certificazione deve rispettare i seguenti criteri:

- La temperatura di produzione deve essere costantemente misurata e segnalata;
- Almeno il 70% dell'energia di scarto dovrebbe essere riutilizzata;
- I gas pirolitici che accompagnano la creazione del biochar dovrebbero essere recuperati o bruciati;
- Devono essere disponibili controlli sull'inquinamento.

²⁸ Disponibile al link: <https://www.southpole.com/>

Il beneficio climatico è verificato solo quando il biochar viene stoccato in modo permanente, per un tempo superiore a un secolo, in modo tale da garantire lo l'immagazzinamento del carbonio a lungo termine.

2.6 Confronto fra gli enti

Dopo aver analizzato nel dettaglio alcuni enti certificatori, è utile fare alcune considerazioni sulle possibili differenze fra gli enti in questione, Verra, Gold Standard, Puro.earth e Southpole. Dall'analisi condotta, non sono state riscontrate differenze sostanziali tra i processi di certificazione presi in esame.

Nella seguente tabella 42 sono illustrate le principali differenze nei processi e nei costi di certificazione tra gli enti sopracitati.

Tabella 42 – Prospetto generale di confronto fra enti

Caratteristica	Gold Standard (GS)	Verra	Puro.earth	South Pole
Metodologia	Verifica della metodologia applicabile e ammissibilità secondo i Principi e Requisiti	Verifica della metodologia applicabile e rispetto dei requisiti di ammissibilità	Definita nell'accordo di piattaforma	Simile a Verra
Progettazione e consultazione	Conferma della progettazione, consultazione delle parti interessate, invio della documentazione e (lettera GS4GG, termini e condizioni firmati)	Progettazione e consultazione delle parti interessate	Compilazione del Know Your Client (KYC); firma l'accordo di piattaforma; presentazione della registrazione dello stabilimento di produzione;	Simile a Verra
Revisione preliminare	Revisione preliminare (14 giorni – 4 settimane); identificazione del progetto come "progetto GS listed"	Simile a GS	Validazione del progetto (audit indipendente, revisione degli impianti di produzione)	Simile a Verra
Validazione del progetto	Entro due anni dalla quotazione, tramite un VVB approvato	Validazione e verifica delle baseline giurisdizionali e dei	Entro i 3 anni dall'impiego del progetto, con audit di produzione	Simile a Verra

		programmi REDD+ giurisdizionali		
Emissione Crediti	Avviene successivamente e alla verifica e approvazione; fee di emissione alta	7 anni rinnovabili due volte, per un totale di 21 anni oppure 10 anni non rinnovabili	Avviene successivamente e alla revisione positiva della produzione, emettendo i CORCs	Simile a Verra
Rinnovo certificazione	Avviene ogni 5 anni, tramite l'applicazione delle versioni più recenti delle metodologie e con validazione da terze parti	Ripetizione degli ultimi step di validazione	Periodo di accredito di 5 anni, rinnovabile due volte	Simile a Verra
Costi di apertura	1000 USD	500 USD	1400 USD/anno	Preventivi personalizzati
Costi complessivi	Più elevati rispetto a Verra, con fee suddivise per fasi; possibilità di coprire parte delle fee di emissione con crediti emessi	Più economici rispetto GS, fee per step	Sono composti dalla quota annuale, tariffe di iscrizione e di servizio, detratte dal valore totale della transazione	Preventivi personalizzati
Tempistiche di certificazione	Revisione preliminare e validazione entro i 2 anni	Simile a GS, in caso di assenza di informazioni	Validazione entro i tre anni dalla data dell'impiego	Simile a Verra
Grado di flessibilità e personalizzazione	Fee suddivise per fasi, con possibilità di ripagare in diversi modi	Flessibile, con diverse opzioni per periodi di emissione crediti	Struttura di costi basata su quote annuali, tariffe di iscrizione e di servizio,	Preventivi personalizzati, adattabili alle esigenze aziendali

			dedotte dal valore totale della transazione	
Metodologia e strumenti	Linee guida e strumenti specifici, verifica degli impatti climatici e di sviluppo sostenibile per almeno 3 SDG	Simile a GS	Linee guida Puro Standard e metodologie specifiche	Simile a Verra

Nel dettaglio, sebbene Gold Standard e Verra seguano processi di certificazione simili, Verra si differenzia per la sua flessibilità e costi inferiori; Puro.earth, specializzato in rimozione di CO2, offre un processo di certificazione puntuale e rigoroso, piuttosto competitivo sul mercato in questione, in quanto assicura che ogni progetto rispetti standard elevanti di conformità. Infine, South Pole combina le metodologie di Verra con una maggiore flessibilità nei costi, offrendo opzioni personalizzate per soddisfare le diverse esigenze delle imprese. Per questo motivo, South Pole rappresenta una valida alternativa per tutte le aziende che sono alla ricerca di un progetto rigido, dal punto di vista metodologico, e flessibile, dal punto di vista economico.

Tuttavia, tra le discrepanze presenti vi sono quelle riguardanti i costi di certificazione inerenti al processo. Come si può evincere dai dati forniti, complessivamente i costi del processo di certificazione con i due enti principali GS e Verra risultano differenti:

certificare tramite GS si rivela più costoso, sia nelle fee di certificazione che di emissione, mentre Verra propone certificazioni a un prezzo maggiormente accessibile. In dettaglio, fin dall'apertura del processo, GS richiede una quota pari a due volte la quota richiesta da Verra (1000 USD e 500 USD rispettivamente) e i costi complessivi della certificazione in rapporto al numero di VCU, dall'analisi condotta, parrebbero più economici quelli di Verra. Ciò nonostante, è importante sottolineare il fatto che la sovvenzione delle fee di GS avviene per step, minimizzando dunque l'impatto economico a livello aziendale, nel caso in cui il progetto venisse rigettato. In aggiunta, GS offre la possibilità alle imprese di coprire parte delle fee di emissione con una percentuale di crediti emessi, sebbene il loro valore sia irrisorio rispetto al valore dei CCC rilasciati. Quest'ultimi hanno un valore monetario pari a 4 Euro/CCC (valore attuale) e tale valore è valido per entrambi gli enti analizzati²⁹.

Un altro punto importante da confrontare riguarda i periodi di emissione: in questo caso Verra ha un forte vantaggio, in quanto esso ha valenza doppia. Infatti, considerando il fatto che vi sono due diverse tipologie di certificazione in termini temporali: nel caso in cui si è poco sicuri dell'addizionalità del progetto negli anni futuri, si può optare per una certificazione della durata di 10 anni, che è comunque pari al massimo periodo di

²⁹ Disponibile al documento: Azioni verso il raggiungimento della neutralità di carbonio D.4. Analisi di scenario e comparazione fra progetti diretti ed acquisto crediti di carbonio, 31 Luglio 2022, Laura Abrardi, Carlo Cambini, Flavio Pino, Chiara Ravetti

emissione certificabile da GS. Invece, nel caso in cui il progetto risulti addizionale per un periodo più lungo, si può preferire per i periodi di certificazione di 7 anni, rinnovabili sino a due volte per un totale massimo di 21 anni.

In conclusione, alla luce delle considerazioni fatte, risulta maggiormente preferibile perseguire il processo di certificazione attraverso l'ente certificatore Verra, vista la convenienza nei costi e i tempi di emissione più estesi, mentre per quanto riguarda l'aspetto di flessibilità e personalizzazione, South Pole si rivela maggiormente attraente tra i competitor.

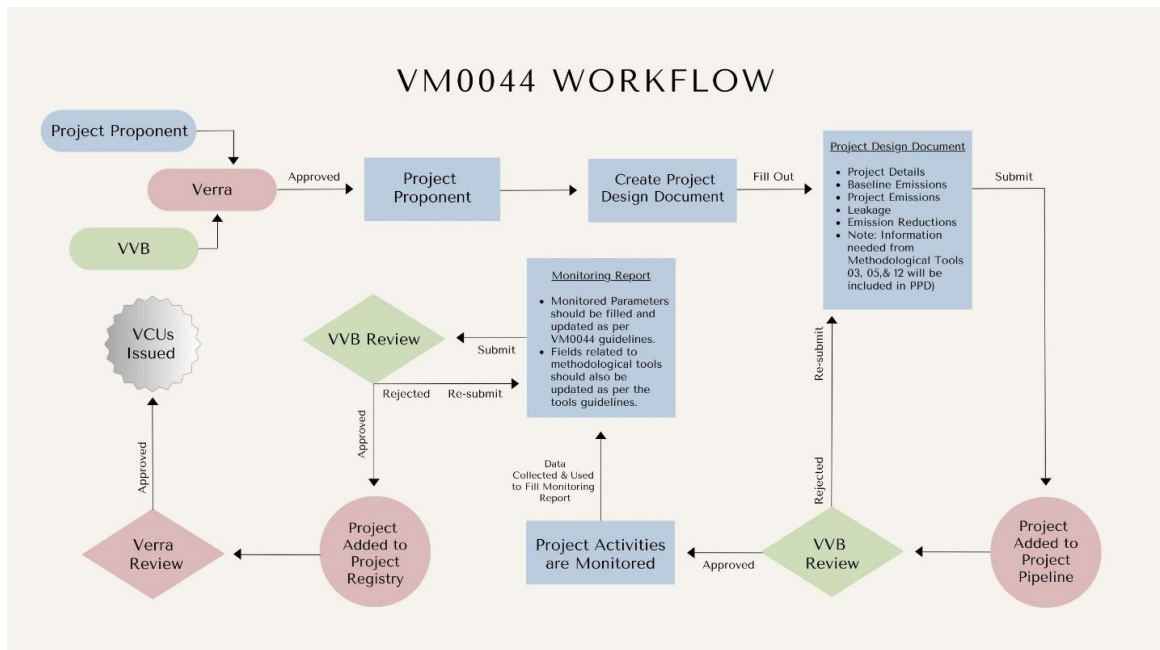
2.7 Caso d'Uso con Verra

Dall'analisi appena effettuata, l'ente certificatore Verra risulta essere il più idoneo.

Pertanto, appare opportuno creare un caso d'uso dettagliato che illustri tutte le caratteristiche del processo di certificazione di un progetto di biochar da parte di un privato. Questo caso d'uso dovrebbe spiegare in modo esaustivo ogni fase del processo di certificazione con la metodologia VM0044, compresi la documentazione necessaria, il monitoraggio, nonché la gestione delle comunicazioni tra il privato e l'ente certificatore.

Nella figura 43 sottostante, sono illustrate in modo esplicitivo tutte le fasi del processo di certificazione, insieme ai vari attori coinvolti.

Figura 43 – Schema del processo di certificazione di Verra



Fonte: Methodology Breakdown <https://www.youtube.com/watch?v=LN5vDNgevIM>

Mettiamoci, quindi, nel caso che un'azienda agricola privata (project proponent) decida di avviare un progetto di produzione di biochar utilizzando i residui delle colture derivanti dalla sua attività. Gli obiettivi principali sono due:

- Migliorare la fertilità del suolo e sequestrare carbonio, riducendo le emissioni di gas serra
- Ottenere crediti di carbonio certificati per poterli vendere sul mercato volontario dedicato.

Dopo che i due ruoli (il project proponent e il VVB) sono stati approvati da Verra, il project proponent crea il Project Design Document³⁰. Il PDD fornisce una descrizione dettagliata del progetto, includendo tutte le informazioni necessarie per valutare la fattibilità, l'implementazione e l'impatto del progetto. Preparare e presentare bene questo documento permette la buona riuscita del progetto e di ottenere la certificazione senza troppe reiterazioni.

Nel dettaglio il PDD comprende:

1. I dettagli del progetto:
 - Titolo e breve sintesi del progetto;

³⁰ Disponibile al link: <https://verra.org/documents/vcs-project-description-template-v4-4/>

- Obiettivi, localizzazione geografica, caratteristiche specifiche del sito e contesto ambientale ed economico;
- Ammissibilità del progetto secondo i criteri descritti nel capitolo 2.2.2 in sintesi;
- Descrizione del project proponent, la data di inizio e il periodo di certificazione;
- Stima delle riduzioni di emissioni GHG in ogni anno del periodo;
- Descrizione del Baseline Scenario, ovvero la situazione attuale senza l'intervento del progetto e conformità a leggi, statuti e altri quadri normativi;
- Descrizione degli interventi che saranno effettuati incluse le tecnologie che verranno utilizzate;

2. Salvaguardie e coinvolgimento degli stakeholder:

- Identificazione degli stakeholders e le modalità di coinvolgimento e consultazione;
- Rischi per gli stakeholder, per l'ambiente, per il rispetto dei diritti umani e per la salute dell'ecosistema con la tabella descrivente i rischi e le eventuali misure di mitigazione o di prevenzione adottate.

3. Applicazione della metodologia utilizzata:

- Titolo della metodologia:

Type (methodology, tool or module).	Reference ID, if applicable	Title	Version
<i>Methodology</i>	<i>VM0044</i>	<i>VM0044 Methodology for biochar utilization in soil and non-soil applications</i>	<i>1.1</i>

○ Dimostrazione delle condizioni di applicabilità della metodologia e descrizione dei confini di progetto descritti nel punto 2.2.2 descrivendo ogni condizione separatamente. Ad esempio,

- Ambito tecnologico, se i progetti sono ad alta o bassa tecnologia.

Le strutture produttive ad alta tecnologia secondo le linee guida devono soddisfare le seguenti condizioni (se una di queste condizioni non è soddisfatta, la struttura viene considerata a bassa tecnologia):

- I gas serra prodotti durante la pirolisi devono essere recuperati o combustibili, senza emissioni nell'atmosfera.
- Almeno il 70% dell'energia termica prodotta deve essere riutilizzata, considerando le inefficienze del trasferimento di calore.

- I gas di combustione devono essere monitorati per soddisfare le soglie di emissioni locali, nazionali o internazionali, utilizzando dispositivi come un ossidatore termico.
 - La temperatura di produzione deve essere misurata e riportata.
 - Se una di queste condizioni non è soddisfatta, la struttura viene considerata a bassa tecnologia.
- Materie prime utilizzate e produzione. Come la condizione applicata di seguito secondo il template del documento:

Methodology ID	Applicability condition	Justification of compliance
VM0044	<i>Example:</i> <i>Feedstock must be purely biogenic waste biomass and not purpose-grown</i>	<i>Example:</i> <i>The firm produces wheat and does not provide for the recovery of stalks and leaves left after harvesting</i>

- Baseline Scenario cioè lo scenario in cui, in assenza dell'attività di progetto, la biomassa di scarto viene lasciata decadere o bruciata per scopi diversi dalla produzione di energia e non viene utilizzata per la produzione di biochar, portando prove credibili;

- Dimostrazione dell'addizionalità descrivendo ciascuna fase e il metodo utilizzato per dimostrarla e documentando chiaramente il risultato.
4. Quantificazione delle stime delle riduzioni e degli assorbimenti delle emissioni di GHG:
- Quantificazione delle emissioni attuali (Baseline Scenario) con descrizione della procedura di quantificazione;
 - Quantificazione delle emissioni durante il progetto secondo le equazioni descritte dai documenti seguenti:
 - CDM (2017) Methodological Tool 03: Strumento per calcolare le emissioni di CO₂ di un progetto o le perdite dalle emissioni di combustibili fossili;
 - CDM (2017) Methodological Tool 05: Emissioni di riferimento, di progetto e/o di perdite derivanti dal consumo di elettricità e monitoraggio della generazione di elettricità;
 - CDM (2012) Methodological Tool 12: Emissioni di progetto e di perdite derivanti dal trasporto di merci;
 - CDM (2017) Methodological Tool 16: Emissioni di progetto e di perdite derivanti da biomassa.

5. Monitoraggio

- Descrivere dati e parametri disponibili al momento della convalida e che rimangono fissi per tutto il periodo di accredito del progetto;
- Descrivere dati e parametri monitorati. Ad esempio: $M_{x,p,y}$: massa totale su base di peso secco del biochar prodotto nell'impianto di produzione p nell'anno y;
- Piani di monitoraggio, secondo i principi di trasparenza e accuratezza della norma ISO 14064-2 che consenta di quantificare e dimostrare le emissioni di gas serra nelle tre fasi coperte dalla metodologia: approvvigionamento, produzione e applicazione.

Dopo la preparazione del documento il project proponent chiede la sottomissione a Verra, che lo inserirà nella sua Project Pipeline. Successivamente, sarà compito del VVB confermare la correttezza dei calcoli delle riduzioni delle emissioni e la conformità del progetto alla metodologia. Infine, il VVB decide se approvare il documento o rifiutarlo e chiedere una nuova versione.

Una volta approvato il PDD, possono iniziare le attività del progetto e, quindi, anche tutte le attività di monitoraggio dello stesso. In questa fase il project proponent dovrà compilare

e presentare il Monitoring Report³¹. Questo documento è fondamentale per garantire che le attività del progetto siano monitorate, registrate e analizzate in modo accurato e sistematico. Esso specifica nuovamente i parametri da monitorare, le metodologie, le responsabilità e le frequenze di monitoraggio, e assicura che i dati raccolti siano adeguati a valutare il progresso del progetto. Il Monitoring Report è molto simile al PDD, ma mentre nel PDD erano presenti solo stime, nel Monitoring Report queste stime vengono sostituite dai risultati reali ottenuti man mano che il progetto avanza.

Anche in questo caso, il VVB avrà l'onore di visionare e verificare tutte le parti del documento e approvare o richiedere un'integrazione.

Non appena anche il Monitoring Report sarà approvato dal VVB preposto allora il progetto sarà aggiunto al Project Registry dove Verra effettuerà le ultime verifiche interne ed emetterà i VCU correlati che potranno essere venduti o utilizzati per compensare le emissioni di attività aziendali.

³¹ Disponibile al link: <https://verra.org/documents/vcs-monitoring-report-template-v4-4/>

CONCLUSIONI

La presente tesi ha analizzato il complesso mondo dei crediti di carbonio e delle certificazioni per il biochar, con un focus particolare sui principali enti certificatori: Verra, Gold Standard, Puro.earth e South Pole. Attraverso un confronto dettagliato, è emerso che, sebbene ci siano differenze nei processi di certificazione e nei costi associati, tutti gli enti analizzati utilizzano metodologie rigorose per garantire la validità e l'efficacia dei crediti di carbonio.

Verra si è dimostrata una scelta preferibile per le aziende che cercano costi più contenuti e tempi di emissione più estesi, grazie anche alla possibilità di optare per periodi di certificazione più lunghi e rinnovabili. Gold Standard, seppur con costi inizialmente più elevati, offre una flessibilità finanziaria che può risultare vantaggiosa nel lungo termine. Puro.earth e South Pole, invece, si distinguono per la personalizzazione dei servizi offerti, rispondendo alle specifiche esigenze delle imprese.

Il mercato dei crediti di carbonio, sia volontario che obbligatorio, necessita di standard uniformi e rigorosi per garantire trasparenza e qualità. Questo risulta essenziale per prevenire il rischio di greenwashing e assicurare che i benefici ambientali siano tangibili e misurabili. Solo con l'adozione di tali standard, il mercato dei crediti di carbonio potrà contribuire efficacemente alla riduzione delle emissioni di gas serra e al raggiungimento degli obiettivi globali di decarbonizzazione.

In conclusione, la scelta dell'ente certificatore deve essere ponderata in base alle esigenze specifiche dell'azienda, tenendo conto dei costi, dei tempi di certificazione e della flessibilità offerta. Solo attraverso un'adozione consapevole e responsabile dei crediti di carbonio, sarà possibile contribuire significativamente alla riduzione delle emissioni e al raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità globali.

SITOLOGIA

[https://www.reteclima.it/crediti-di-carbonio/#:~:text=Un%20credito%20di%20carbonio%20\(o,altri%20gas%20ad%20effetto%20serra](https://www.reteclima.it/crediti-di-carbonio/#:~:text=Un%20credito%20di%20carbonio%20(o,altri%20gas%20ad%20effetto%20serra)

https://www.repubblica.it/dossier/economia/clima-economy/2022/12/02/news/la_classificazione_dei_crediti_di_carbonio-377074406/?callback=in&code=YZZIMDYZNWMTNDLKYS0ZY2FILWI0YMITYJDLZDY4ZMVHY2QX&state=84863a2829de4d1a835c9e3b4566a5e8

<https://blog.3bee.com/crediti-di-carbonio-cosa-sono-vantaggi-criticita/#next-2>

https://carbonsink.it/wp-content/uploads/2022/02/Crediti_di_Carbonio_ITA-1.pdf

<https://www.regione.piemonte.it/web/temi/ambiente-territorio/green-economy/mercato-volontario-dei-crediti-carbonio-valorizzazione-dei-servizi-ecosistemici-ambito-non-forestale>

<https://www.seaforestlife.eu/it/il-progetto/obiettivi-del-progetto/il-mercato-dei-crediti-di-carbonio.html>

<https://it.linkedin.com/pulse/critiche-e-benefici-dei-crediti-di-carbonio-alberami>

<https://carboncreditsconsulting.com/it/risposte-alle-domande-piu-comuni-sui-crediti-di-carbonio/#:~:text=Alcuni%20dei%20principali%20enti%20responsabili,e%20l%27American%20Carbon%20Registry.>

<https://www.money.it/crediti-di-carbonio-chi-sono-gli-enti-certificatori-e-cosa-fanno>

<https://verra.org/about/overview/>

https://www.mckinsey.com/business_functions/sustainability/our-insights/a-blueprint-for-scaling-voluntary-carbon-markets-to-meet-the-climate_challenge

https://www.madaprojects.it/quali-crediti-di-carbonio-possano-essere-certificati/#Come_avviene_la_certificazione_dei_crediti_di_carbonio

<https://heracomm.gruppohera.it/cambiamenti/cultura-della-sostenibilita/crediti-di-carbonio-cosa-sono-e-come-ottenerli>

<https://foreverzeroco2.it/faq/>

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/ffgc.2023.958879/full>

https://www.csreinnovazionesociale.it/csr_gallery/south-pole-2020/

https://www.mckinsey.com/business_functions/sustainability/our-insights/a-blueprint-for-scaling-voluntary-carbon-markets-to-meet-the-climate_challenge

https://moodle2.units.it/pluginfile.php/423215/mod_resource/content/1/Gregori%20%2008_10_2021.pdf

https://elearning.unimib.it/pluginfile.php/680477/mod_resource/content/2/esternalit%C3%A0%20beni%20pubblici%20coase.pdf

<https://economiecircolare.com/glossario/esternalita/>

<https://inomics.com/it/terms/le-esternalita-1488754>

<https://verra.org/program-notice/verra-publishes-vcs-biochar-methodology/>

<https://verra.org/programs/verified-carbon-standard/vcs-program-details/#rules-and-requirements>

<https://verra.org/wp-content/uploads/2023/08/Registration-and-Issuance-Process-v4.4-last-updated-4-Oct-2023.pdf#page8>

<https://verra.org/vcs-in-south-africa/>

<https://verra.org/programs/verified-carbon-standard/vcs-program-details/>

<https://verra.org/programs/verified-carbon-standard/vcs-in-compliance-markets/>

<https://shop.southpole.com>

<https://www.southpole.com/sustainability-solutions/carbon-removal-solutions>

<https://www.southpole.com/news/could-humble-biochar-be-the-next-big-carbon-removal-solution-to-fight-climate-change>

<https://www.southpole.com/news/new-biochar-methodology-approved-by-verra>

<https://www.southpole.com/blog/biochar-help-fight-climate-change>

<https://www.goldstandard.org/publications/certification-process-stepbystep>

<https://carbon.puro.earth/biochar> (<https://carbon.puro.earth/biochar>)

https://climate.ec.europa.eu/index_en

<https://puro.earth> (<https://puro.earth/>), Puro Standard Biochar Methodology v3 1/02/2024

<https://puro.earth> (<https://puro.earth/>), General rules v4

[https://climate.ec.europa.eu/document/download/b5bf9eef-b4c8-4adc-bf72-](https://climate.ec.europa.eu/document/download/b5bf9eef-b4c8-4adc-bf72-7b06537d5d06_en?filename=event_20231025_presentations_2_en.pdf&prefLang=ro)

[7b06537d5d06_en?filename=event_20231025_presentations_2_en.pdf&prefLang=ro](https://climate.ec.europa.eu/document/download/b5bf9eef-b4c8-4adc-bf72-7b06537d5d06_en?filename=event_20231025_presentations_2_en.pdf&prefLang=ro)

BIBLIOGRAFIA

- Your Green Action. Progetti agroforestali e promozione di pratiche agricole più efficaci per la riduzione di CO₂, Alberami | Regenerative Farming. Data pubblicazione: 29 apr 2023
- Esternalità negative e ruolo riequilibratore dello Stato, *Sabbatini, Giacomo, 2018*
<https://tesi.univpm.it/retrieve/3e308b7f-994a-405e-a813-c3a856124760/TESI%20Esternalit%C3%A0%20negative%20ambientali%20e%20ruolo%20riequilibratore%20dello%20Stato%201.0.pdf>
- Azione verso il raggiungimento della neutralità di Carbonio, Prezzi dei crediti di compensazione del carbonio: Tendenze storiche e previsioni di evoluzione. Chiara Ravetti
- Carbon Offset Guide (2020) <https://www.offsetguide.org/sticking-to-lower-risk-project-types/>
<https://data.ecosystemmarketplace.com/>
- Trove Research- Carbon Credit Demand Supply and Price, 1 giugno 2021, <https://trove-research.com/wp-content/uploads/2021/06/Trove-Research-Carbon-Credit-Demand-Supply-and-Prices-1-June-2021.pdf>
- VCS Methodology VM0044, METHODOLOGY FOR BIOCHAR UTILIZATION IN SOIL AND NON-SOIL APPLICATIONS, Version 1.0 12 August 2022 Sectoral Scope 13, <https://verra.org/wp-content/uploads/2022/10/VM0044-Methodology-for-Biochar-v1.00.pdf#page12>

- GS fee schedule, settembre 2023

https://goldstandard.cdn.prismic.io/goldstandard/ZeyTMHUurf2G3Ocu_GS-fee-schedule-Sept_2023.pdf

Method for Estimating the Change in Mineral Soil Organic Carbon Stocks from Biochar Amendments: Basis for Future Methodological Development, 2019 refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

[https://www.ipcc-](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch02_Ap4_Biochar.pdf)

[nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch02_Ap4_Biochar.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch02_Ap4_Biochar.pdf)

- Rendicontazione e valorizzazione delle quote di CO2 derivanti da progetti di riduzione delle emissioni di gas climalteranti: casi studio applicati alle Pubbliche Amministrazioni, 2010-2012, Lara Parodi,
https://gitisa.it/wp-content/uploads/tesi/2014/01-Tesi_Lara_Parodi.pdf
- Azioni verso il raggiungimento della neutralità di carbonio, D.4. Analisi di scenario e comparazione fra progetti diretti ed acquisto crediti di carbonio. 31 Luglio 2022, Laura Abrardi, Carlo Cambini, Flavio Pino, Chiara Ravetti