

IL PROCESSO DI ANALISI DEL CICLO DI VITA DI CATIFA CARTA

White paper a cura di Blasi I., Possagno M. e Mulloni A.

1. Reason Why

Questo documento si propone di descrivere in modo trasparente e replicabile il percorso innovativo adottato per testare un'ipotesi che riflette appieno l'impegno di Arper nel diventare un esempio di leadership responsabile e che trova la sua estrema sintesi in Catifa Carta, un prodotto unico nel suo genere. Nello specifico, verranno qui di seguito descritti i processi di calcolo e validazione degli impatti ambientali del prodotto in oggetto.

Catifa Carta è una seduta che prevede una scocca in PaperShell, un materiale composto da strati di carta kraft uniti tra loro con una resina composta al 100% da materiale di origine biogenica. La carta viene approvvigionata da cartiere certificate secondo lo standard Forest Stewardship Council (FSC)¹ che utilizzano gli scarti della produzione del tavolame provenienti da foreste svedesi e finlandesi. Alla fine del suo ciclo di vita, Arper si impegna a ritirare dal mercato Catifa Carta per sottoporla a pirolisi, un processo di combustione che avviene in quasi totale assenza di ossigeno, evitando così il rilascio di CO₂ nell'aria. Attraverso questo processo, la scocca in PaperShell viene infatti trasformata in biochar, un materiale ricco di carbonio capace di trattenere la CO₂ in forma stabile. Una volta immesso nel suolo, infatti, il biochar non solo conserva il carbonio in esso contenuto, ma arricchisce il terreno di sostanze nutritive e favorisce la biodiversità. Grazie a questo ciclo virtuoso, la scocca di Catifa Carta crea i presupposti per la produzione di una scocca "carbon negative", ossia capace di incamerare più CO₂ di quanto ne immetta nell'aria come conseguenza dei propri processi produttivi.

Con questo documento Arper si propone di offrire un modello di riferimento per altre aziende, dimostrando come l'innovazione e la sostenibilità possano tradursi in azioni concrete e misurabili in ottica di preservazione del Capitale Naturale e, in ultimo, della vita sulla terra (UN SDG 15).

2. Presupposti e obiettivi del progetto

Lo sviluppo di Catifa Carta si basa su due concetti fondamentali: la teoria del cambiamento, originariamente proposta da Peter Drucker nel 1954, e l'importanza del fine vita dei prodotti. La *teoria del cambiamento* è una metodologia di pianificazione e valutazione che mira a promuovere il cambiamento sociale lavorando a ritroso: partendo dalla definizione di obiettivi

¹ <https://it.fsc.org/it-it>

a lungo termine, si costruisce una catena logica di risorse, azioni e relazioni causali necessarie per il loro raggiungimento.

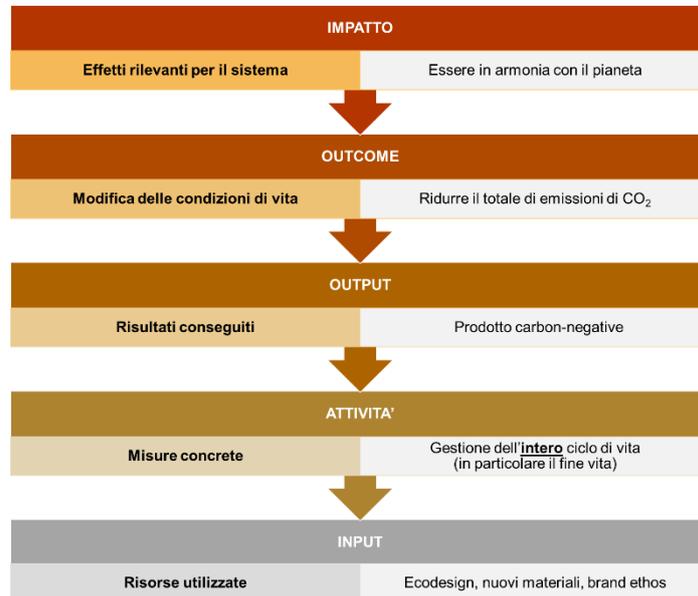


Fig. 1: la Teoria del cambiamento applicata al prodotto Catifa Carta di Arper

In questo contesto, il materiale PaperShell si è rivelato fondamentale per la realizzazione di un prodotto che contribuisca alla riduzione delle emissioni di CO₂ e supporti il nostro obiettivo di partenza: essere in armonia con il pianeta.

E' stato inoltre riconosciuto che il fine vita di un prodotto, spesso trascurato a livello operativo, è una fase fondamentale per la valutazione dell'impatto ambientale. L'esperienza maturata negli anni e lo studio condotto ci hanno infatti permesso di comprendere che l'impatto di un prodotto dipende principalmente da due fasi: il design, che secondo la bibliografia corrente incide per circa l'80% dell'impatto ambientale di un manufatto, e il fine vita, come evidenziato dall'analisi LCA.

Per questo, nella fase di progettazione di Catifa Carta è stata posta grande attenzione alla scelta di materiali innovativi che consentissero una corretta gestione del proprio fine vita, accompagnandoli ad una strategia e un modello operativo che consentano di ridurre l'impatto ambientale complessivo.

3. Avvio del progetto e partner coinvolti

Il progetto Catifa Carta nasce da un intenso lavoro preparatorio svolto a partire dal 2021 da tre partner principali, ognuno di loro con un ruolo specifico:

PaperShell: azienda svedese responsabile dello sviluppo dell'omonimo materiale, un composito innovativo realizzato con fogli di carta Kraft, pressati e uniti con una resina composta al 100% da materiale biogenico. Grazie alle sue proprietà intrinseche, PaperShell non solo riduce l'impatto ambientale della produzione industriale, ma rappresenta anche un eccellente esempio di biomimetica, imitando il processo naturale degli alberi di trattenere CO₂ nel tempo.

Arper: trasforma PaperShell in Catifa Carta, un prodotto finito che unisce estetica, funzionalità e sostenibilità, rispondendo in modo efficace alle esigenze del mercato. Arper, inoltre, ha previsto il ritiro delle sedute da smaltire per inviarle in Svezia, presso il partner Stena Recycling, il quale possiede un impianto di pirolisi con cui produce anche biochar. Il biochar ottenuto non viene utilizzato direttamente da Arper, ma il suo impiego è previsto come ammendante del terreno adibito ad agricoltura.

Stena Recycling: azienda svedese che offre servizi di raccolta dei rifiuti, riutilizzo innovativo e riciclaggio avanzato a livello industriale. Responsabile della gestione del fine vita di Catifa Carta, l'azienda impiega un impianto di pirolisi per trattare il prodotto al termine del suo ciclo di vita. Attraverso la pirolisi, la scocca in PaperShell viene trasformata in biochar, un materiale che può essere utilizzato come ammendante del suolo e supportare la biodiversità. Questo processo permette di chiudere il ciclo di vita del prodotto in modo virtuoso, contribuendo attivamente alla promozione dell'economia rigenerativa, un modello economico che va oltre il concetto di sostenibilità, proponendosi di ridurre l'impatto ambientale e al contempo ripristinare e rigenerare gli ecosistemi danneggiati.

4. La pirolisi e il suo impatto su Catifa Carta

4.1 Introduzione

La fotosintesi clorofilliana consente alle piante di assorbire anidride carbonica dall'atmosfera. Questo processo, oltre a favorire la crescita delle piante e la produzione di biomassa contribuisce al ciclo del carbonio, un sistema di scambi tra diversi compartimenti terrestri.

Il ciclo del carbonio si sviluppa su quattro dimensioni, denominati "Distretti": la biosfera (esseri viventi e acque dolci), la geosfera (sedimenti e combustibili fossili), l'idrosfera (mari e oceani) e l'atmosfera (involucro gassoso terrestre). Questi Distretti sono considerati a tutti gli effetti dei serbatoi di carbonio (in inglese "carbon sinks"), ovvero riserve che assorbono e rilasciano CO₂ in modo naturale ed equilibrato. Il carbonio che partecipa naturalmente agli scambi tra i diversi Distretti prende il nome di carbonio biogenico. Esso si distingue dal carbonio di origine fossile, che non rientra nel ciclo naturale e che, accumulandosi nell'atmosfera, contribuisce al riscaldamento globale e conseguentemente ai cambiamenti climatici.

In questo contesto si inserisce il contributo di Catifa Carta, che sfrutta lo scambio naturale che avviene nel mondo vegetale per compensare l'emissione di CO₂ di origine fossile causata dalle attività umane.

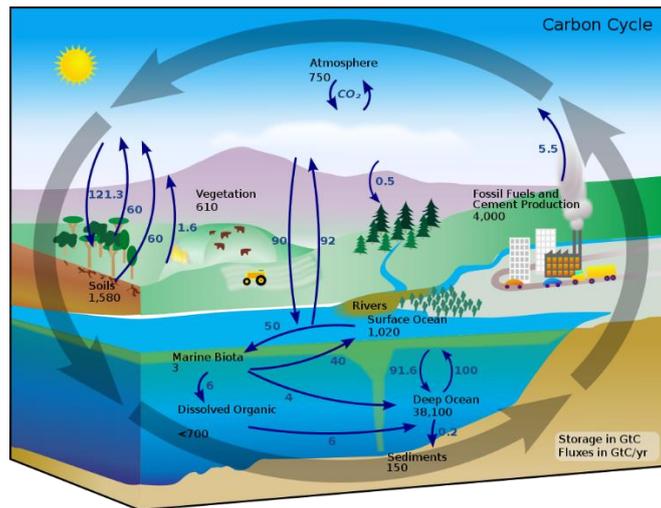


Fig. 2: il ciclo naturale del carbonio e i suoi distretti. I numeri si riferiscono alla capacità di scambio in gigatonnellate annue. (Fonte: NASA)

4.2. Il processo di pirolisi

Grazie ad un processo di incenerimento a bassa temperatura (dai 400°C agli 800°C) eseguito in quasi totale assenza di ossigeno denominato “Pirolisi”, la scocca di Catifa Carta viene scissa in tre elementi principali: l’olio di pirolisi (anche conosciuto come succo di legno o bio-olio), gas di sintesi (chiamato syngas) e biochar.

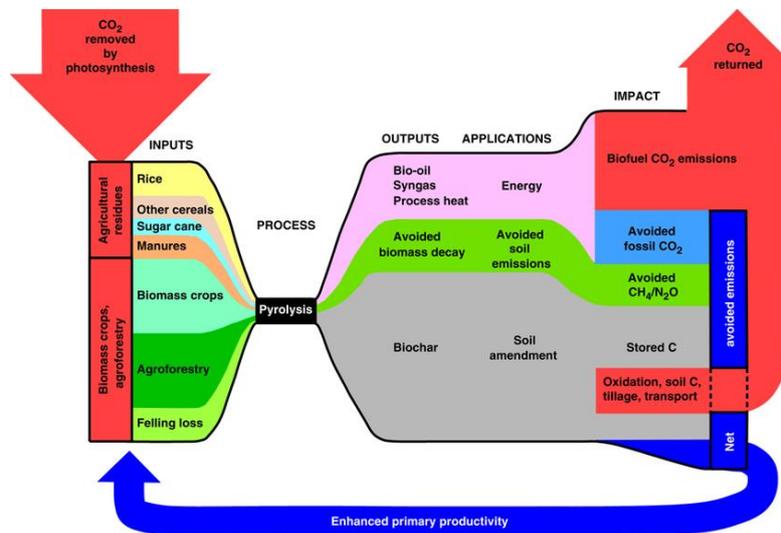


Fig. 3: Riepilogo degli output e benefici del processo di pirolisi. (Fonte: Woolf et al., 2009)

La Figura 3 riassume input, output, applicazioni e impatti sul clima di un processo di pirolisi standard. All'interno di ciascuna di queste categorie, le proporzioni relative dei componenti sono approssimate dall'altezza dei campi colorati.

La CO₂ viene rimossa dall'atmosfera attraverso il processo vegetale della fotosintesi, con la quale viene generata biomassa. Una frazione della biomassa totale prodotta ogni anno, come i residui agricoli, le colture di biomassa e i prodotti agroforestali, viene incenerita tramite pirolisi per produrre bio-olio, syngas e calore di processo, insieme ad un prodotto solido, il biochar. Si tratta in questo caso di una forma recalcitrante (stabile) di carbonio, adatta ad essere utilizzata come ammendante del suolo. Il bio-olio e il syngas vengono solitamente bruciati per produrre energia, reimmettendo CO₂ nell'atmosfera, mentre il biochar immagazzina carbonio per un periodo significativamente più lungo rispetto al tempo di decomposizione naturale della biomassa originale. In particolare, la letteratura indica tempi di stoccaggio di gran lunga superiori ai 100 anni.² Infine, il processo di pirolisi consente di evitare l'emissione di altri gas corollari, come il metano e il protossido di azoto generati dal decadimento naturale della biomassa.

5. Il calcolo della CO₂ biogenica e lo stoccaggio di carbonio: scenari LCA e risultati

Le Regole di categoria del prodotto (Product Category Rules, PCR) stabiliscono le modalità di calcolo dell'Analisi del Ciclo di Vita (LCA) per la redazione di una Dichiarazione Ambientale di Prodotto (EPD). Esse garantiscono un criterio uniforme di analisi, consentendo un confronto più o meno oggettivo tra diverse dichiarazioni ambientali. Le PCR, definite da enti regolatori, adottano **l'approccio neutrale** alla CO₂ biogenica, cioè la quota parte di anidride carbonica rilasciata nell'atmosfera durante la decomposizione o la combustione di materiali biologici, come piante, alberi o altri organismi viventi, meccanismo noto anche come ciclo naturale di scambio del carbonio. L'approccio neutrale si basa sul principio che il carbonio assorbito venga completamente rilasciato nell'aria a fine vita del prodotto. Di conseguenza, non vengono considerati né sequestri né emissioni di CO₂ biogenica, con un bilancio netto di carbonio pari a zero.

Questo perché fino ad oggi, per quanto noto, nessun prodotto di arredo è riuscito a trattenere la CO₂ al suo interno per un periodo superiore a 100 anni (orizzonte temporale del metodo GWP 100a rilasciato dall'International Panel on Climate Change e riconosciuto come riferimento a livello mondiale). Catifa Carta rappresenta la prima soluzione, tra i prodotti di arredo, in grado di raggiungere questo obiettivo.

A supporto di questa affermazione, sono stati sviluppati due approcci distinti che mettono a confronto il valore aggiunto del processo proposto:

Approccio 1

² Vedi su tutti i risultati del progetto EUROCHAR (<https://cordis.europa.eu/project/id/265179/results/it>) e Giagnoni et al. (2020), (<https://hdl.handle.net/2158/1212562>)

LCA standard. E' conforme agli standard ISO 14040-14044 e alle PCR "2009:02 v3.0 "Seats", CPC Code 3811" emanate dall'operatore svedese del programma EPD denominato EPD International AB (Environdec), e consente il confronto con l'LCA del modello originale di Catifa 53, da cui Catifa Carta trae origine.

Questo studio **non conteggia la CO₂ di origine biogenica e utilizza l'approccio cut-off** per l'allocazione relativa al fine vita, ossia include le materie prime e processi produttivi per le risorse vergini, mentre non considera il beneficio generato dai materiali soggetti a riciclo, in quanto essi vengono considerati input per il ciclo di vita successivo, evitando così il doppio conteggio.

Nel progetto Catifa Carta, lo studio LCA standard è stato validato da parte terza ed è stato trasformato in una Environmental Product Declaration (EPD) alla fine di aprile 2025. Valutata in base a questo criterio, Catifa Carta ha, come principale vantaggio ambientale, rispetto alla versione Catifa 53 **sostituzione del materiale della scocca** (materiale di origine biogenica vs. materiale plastico di origine fossile), vantaggio che si ottiene senza compromettere le caratteristiche tecniche necessarie all'impiego del prodotto in ambito contract. Inoltre, il materiale PaperShell risulta essere più performante in termini di stoccaggio di carbonio rispetto al legno, grazie alla sua maggiore densità.

Approccio 2

LCA con pirolisi. Viene condotto secondo gli standard ISO 14040-14044, ma senza seguire letteralmente le PCR svedesi. Obiettivo di questa modalità di analisi è, valutare gli impatti ambientali del ciclo di vita della seduta ponendo particolare attenzione alle sue caratteristiche innovative, ovvero la natura interamente bio-based del materiale della scocca e la possibilità di produrre biochar con un processo di pirolisi. Questo approccio affronta quindi apertamente il tema del sequestro del carbonio biogenico, un aspetto senza dubbio controverso nell'ambito della metodologia LCA, ma molto rilevante nella valutazione degli impatti del prodotto in esame.

Le differenze negli approcci utilizzati possono influenzare significativamente i risultati della LCA di un prodotto di origine biogenica e non esiste consenso unanime su come valutare le emissioni, il sequestro del carbonio biogenico e l'allocazione dei processi di riciclo

Pertanto, sono stati analizzati diversi approcci relativi alla CO₂ biogenica e al processo di pirolisi per la produzione di biochar. Nel presente studio vengono considerati in maniera estremamente trasparente sia l'approccio neutrale che quello non neutrale. Come descritto in precedenza, l'approccio neutrale non considera né sequestri né emissioni di CO₂ di origine biogenica, assumendo che il carbonio assorbito venga completamente rilasciato a fine vita, con un bilancio netto di carbonio pari a zero. Al contrario, l'approccio non neutrale tiene conto dei sequestri e delle emissioni di CO₂ biogenica nelle diverse fasi del ciclo di vita.

Per testare le diverse ipotesi sono stati definiti **4 scenari** che differiscono per l'approccio adottato nella contabilizzazione del carbonio biogenico (neutrale o non neutrale) e per

l'inclusione o l'esclusione dei benefici connessi al processo di pirolisi, finalizzato alla produzione di biochar:

1. *Scenario 1 (scenario "baseline"): CO₂ biogenica con approccio neutrale e pirolisi esclusa dai confini di sistema*

Le emissioni e i sequestri di CO₂ biogenica non vengono contabilizzati. La pirolisi viene valutata al pari di un processo di riciclo il cui prodotto e i consumi per generarlo vengono valutati nel ciclo di vita successivo. Questo scenario è in linea con i principali sistemi EPD e le norme ISO 14064 e 14067.

2. *Scenario 2: CO₂ biogenica con approccio non neutrale e pirolisi esclusa dai confini di sistema*

Tra le emissioni e i sequestri di CO₂ biogenica viene contabilizzato anche il sequestro derivante dalla produzione di biochar, nonostante non sia noto come il biochar verrà utilizzato (utilizzo agricolo, produzione energia, ecc.). La pirolisi viene valutata al pari di un processo di riciclo il cui prodotto e i consumi derivanti dalla generazione vengono valutati nel ciclo di vita successivo. Questo scenario non è in linea con i principali sistemi EPD e le norme ISO 14064 e 14067 per la valutazione della CO₂ biogenica.

3. *Scenario 3: CO₂ biogenica con approccio neutrale e pirolisi inclusa nei confini di sistema*

Le emissioni e i sequestri di CO₂ biogenica non vengono contabilizzati. Gli input e gli output relativi alla pirolisi vengono valutati. Per quanto riguarda il solo approccio adottato per la CO₂ biogenica, questo scenario è in linea con i principali sistemi EPD e le norme ISO 14064 e 14067.

4. *Scenario 4: CO₂ biogenica con approccio non neutrale e pirolisi inclusa nei confini di sistema*

Tra le emissioni e i sequestri di CO₂ biogenica viene contabilizzato anche il sequestro derivante dalla produzione di biochar. Il sequestro di CO₂ da parte del biochar viene contabilizzato nonostante non sia noto come il biochar verrà utilizzato (utilizzo agricolo, produzione energia, ecc.). Input e output relativi alla pirolisi vengono conteggiati. Questo scenario non è in linea con i principali sistemi EPD e le norme ISO 14064 e 14067 per la valutazione della CO₂ biogenica.

Lo scenario 1, che prevede un approccio neutrale per il carbonio e l'esclusione del processo di pirolisi dai confini di sistema, è stato scelto come scenario baseline, poiché in linea con la maggior parte dei sistemi EPD e con la norma ISO 14064 e 14067 per il conteggio della CO₂ di origine biogenica.

I confini di sistema per questo studio sono "from cradle to grave" e comprendono:

- Fasi e processi di *upstream*: produzione delle materie prime, produzione dei componenti e dei materiali d'imballo, assemblaggio;
- Fasi e processi *core*: trasporti delle materie prime e dei componenti, stoccaggio;
- Fasi e processi di *downstream*: distribuzione, fase d'uso, fine vita dell'imballo e del prodotto.

Per il calcolo, sono stati utilizzati sia dati primari forniti da Arper e PaperShell, sia dati secondari contenuti nel database Ecoinvent versione 3.8. Per il fine vita si è fatto affidamento ai dati Eurostat.

Per permettere un'analisi esaustiva del prodotto sono stati utilizzati due metodi di valutazione dell'impatto:

- *IPCC 2021*: misura il potenziale di riscaldamento globale (Global Warming Potential, GWP) su un arco temporale di 100 anni, considerando le emissioni in modo separato o cumulativo.
- *Environmental Footprint (EF)*: calcola l'impronta ambientale di prodotti o servizi basandosi su 16 categorie di impatto e rappresenta il metodo di riferimento dell'Unione Europea.

Per gli scenari che escludono la pirolisi dai confini di sistema (Scenario 1 e 2) e per lo scenario che la include, ma valuta la CO₂ biogenica con approccio neutrale (Scenario 3), il ciclo di vita che prevede la pirolisi della scocca ha un impatto maggiore rispetto a quello che smaltisce la scocca secondo lo scenario medio europeo. Ciò è dovuto in primis ai trasporti necessari al take-back delle sedute da smaltire.

Al contrario, lo scenario con approccio non neutro che considera i benefici del processo di pirolisi (Scenario 4) mostra che includendo nei confini di sistema il sequestro di CO₂ biogenica dovuto al biochar, il ciclo di vita che prevede la pirolisi della scocca ha un impatto sul potenziale di riscaldamento globale inferiore rispetto a quello che valuta uno smaltimento medio europeo per l'intera seduta. La tabella 1 riporta il dettaglio dei risultati ottenuti per uno delle versioni di Catifa Carta inclusa nell'offerta Arper, dove i riquadri rossi evidenziano il miglioramento del 29,2% ottenuto dallo Scenario 4 rispetto alla baseline (Scenario 1).

		Unit	Total	Upstream	Core C	Downstream	LC Packaging
Scenario 1: Neutro Cut off	Pirolisi	kg CO ₂ -eq	19,1	12,3	1,3	3,4	2,1
	RER	kg CO ₂ -eq	17,5	12,3	1,3	1,8	2,1
Scenario 2: Non Neutro Cut off	Pirolisi	kg CO ₂ -eq	15,8	9,7	1,3	3,4	1,4
	RER	kg CO ₂ -eq	14,2	9,7	1,3	1,9	1,4
Scenario 3: Neutro Biochar incluso	Pirolisi	kg CO ₂ -eq	19,1	12,3	1,3	3,4	2,1
	RER	kg CO ₂ -eq	17,5	12,3	1,3	1,8	2,1
Scenario 4: Non Neutro Biochar incluso	Pirolisi	kg CO ₂ -eq	12,4	9,7	1,3	0,0	1,4
	RER	kg CO ₂ -eq	14,2	9,7	1,3	1,9	1,4

Tab. 1: Risultati LCIA per Catifa Carta, 4 gambe verniciata, caratterizzazione, metodo IPCC 2021 100a

Per validare i risultati prodotti dallo Scenario 4 e garantirne la massima trasparenza, Arper ha scelto di operare su due livelli distinti:

1. *Verifica di terza parte solamente del modello e del metodo di calcolo*: l'ente certificatore CSQA ha prodotto una "critical review" in data 06/12/24 in cui conferma che la modellazione e i calcoli sono corretti. Questo aspetto, di non poco conto, riduce il margine di errore dello studio ai soli presupposti, spostando di fatto la discussione su un piano esplicitamente concettuale e di scelte metodologiche.
2. *Valutazione della fondatezza dei presupposti di calcolo*: la parte più complessa e dibattuta riguarda il conteggio della CO₂ biogenica, l'approccio cut-off e il beneficio apportato dal biochar. Per garantire la solidità degli argomenti proposti, è stato avviato un processo di consultazione aperta (open consultation), coinvolgendo un pool di specialisti del settore per raccogliere le loro opinioni e integrarle nello studio.

6. Open Consultation: costruzione e risultati

Come descritto in precedenza, le attuali PCR per le sedute non considerano il carbonio immagazzinato in forma stabile nel suolo, come nel caso del biochar. Per mettere in evidenza il potenziale rigenerativo di questa tecnica nota da secoli, Arper ha sviluppato scenari LCA che includono il conteggio della CO₂ biogenica e dello stock di carbonio contenuto nel biochar, sottoponendoli successivamente a verifica e convalida da parte di un ente terzo (CSQA).

Tuttavia, trattandosi di un ambito innovativo e poco esplorato, Arper ha ritenuto essenziale condividere i presupposti di calcolo iniziali con esperti del settore. Questo approccio ha diversi obiettivi: garantire una maggiore trasparenza, favorire il confronto con la comunità scientifica e comunicare in modo coerente e responsabile i propri sforzi. Per questo motivo, in data 18/01/2025 è stata avviata una *open consultation*, di cui vengono riportati qui di seguito gli aspetti salienti.

6.1. Elaborazione del documento di open consultation: assunzioni e domande

Al fine di garantire una valutazione accurata delle ipotesi proposte, in fase di costruzione della consultazione sono state elencate tutte le principali assunzioni fatte. Le domande rivolte al pubblico di esperti sono state le seguenti:

- a) Scenario 2: CO₂ biogenica con approccio non neutrale e pirolisi esclusa dai confini del sistema. Questo scenario non è in linea con i principali sistemi EPD né con le norme ISO 14064 e 14067 per la valutazione della CO₂ biogenica.
Ritieni comunque che lo Scenario 2 sia un'opzione valida?
- b) Scenario 4: CO₂ biogenica con approccio non neutrale e pirolisi inclusa nei confini del sistema. In questo scenario, gli input e gli output della pirolisi vengono considerati e, oltre alle emissioni e ai sequestri di CO₂ biogenica, viene contabilizzato anche il sequestro derivante dalla produzione di biochar. Il sequestro di CO₂ attraverso il biochar viene incluso nel calcolo, nonostante l'incertezza sull'uso finale del

materiale (ad esempio, in agricoltura o per la produzione di energia). Anche questo scenario non è in linea con i principali sistemi EPD né con le norme ISO 14064 e 14067 per la valutazione della CO₂ biogenica.

Pensi che aggiornare lo Scenario 2 allo Scenario 4 abbia senso?

- c) I confini del sistema includono la produzione delle materie prime, la produzione dei componenti e dei materiali di imballaggio, l'assemblaggio, il trasporto delle materie prime e dei componenti, lo stoccaggio, la distribuzione, la fase d'uso e il fine vita dell'imballaggio e del prodotto. Il fine vita del prodotto prevede lo smaltimento delle scocche in Svezia tramite pirolisi. Nello specifico, i processi a monte comprendono le materie prime, il loro trasporto, la produzione dei componenti della sedia, l'assemblaggio della struttura con la scocca e l'imballaggio di entrambi. I processi core includono il trasporto al magazzino di stoccaggio e il consumo di elettricità e acqua per la conservazione. L'assemblaggio finale del prodotto e/o la sua produzione non sono inclusi, poiché Arper non produce né assembla internamente i propri prodotti: questi vengono parzialmente assemblati (scocca e struttura) direttamente dai fornitori e successivamente inviati a un magazzino di stoccaggio esterno. I processi a valle comprendono la distribuzione del prodotto imballato, la fase d'uso e il fine vita dell'imballaggio e del prodotto. È stato assunto che i beni strumentali dell'azienda (ad esempio, macchinari e edifici) non abbiano un impatto significativo nell'analisi del ciclo di vita e quindi non sono considerati nell'analisi del sistema prodotto. Tuttavia, quando già inclusi, le infrastrutture non sono state escluse, in conformità ai processi derivati dal database Ecoinvent. Inoltre, non sono stati applicati criteri di cut-off per escludere materiali dal calcolo.

C'è qualcosa che stiamo tralasciando nei confini del sistema?

- d) L'approccio utilizzato per condurre questo studio LCA è di tipo attributivo. Il modello attributivo del ciclo di vita di un prodotto valuta la catena di approvvigionamento effettiva, media o stimata. Il sistema esistente o stimato viene considerato in un contesto tecnologico statico.

L'approccio scelto dovrebbe essere attributivo?

- e) Nello scenario di base, viene adottato un approccio cut-off e il processo di pirolisi è escluso dai confini del sistema in quanto considerato un processo di riciclo. Per gli altri scenari analizzati, viene invece valutata un'alternativa che include, esclusivamente per la pirolisi, il consumo necessario al processo per la produzione di biochar, compreso il sequestro di CO₂ derivante dalla produzione di biochar. Non vengono considerati prodotti evitati.

Ritieni che le regole di allocazione siano corrette?

- f) L'approccio neutrale considera che tutte le emissioni di CO₂ assorbite durante il processo vengano rilasciate nell'atmosfera nella fase di fine vita. Di conseguenza, né il sequestro né le emissioni di CO₂ relative ai materiali di origine biologica vengono valutati, assumendo un sequestro netto di carbonio pari a zero. Al contrario, l'approccio non neutrale valuta il sequestro e le emissioni di CO₂ di origine biologica man mano che si verificano nelle diverse fasi del ciclo di vita analizzato.

In base alla tua conoscenza e alla letteratura scientifica disponibile, ritieni che il biochar prodotto attraverso un processo di pirolisi possa immagazzinare CO₂ per più di 100 anni, consentendo così la contabilizzazione della CO₂ biogenica?

- g) La scocca PaperShell è prodotta dall'azienda omonima in Svezia. PaperShell AB ha fornito un file contenente l'analisi LCA del materiale PaperShell e un rapporto descrittivo, che ci ha permesso di comprendere gli impatti del materiale e di verificare che le ipotesi e gli approcci adottati nell'LCA fornita fossero allineati a quelli scelti per la presente analisi LCA. Per quanto riguarda il fine vita della scocca, in base alle indicazioni dell'azienda produttrice, è stato ipotizzato che il materiale PaperShell sia assimilabile al cartone.

PaperShell e cartone possono essere considerati simili in termini di processi di produzione, smaltimento e relativi impatti?

- h) Per lo scenario che valuta la CO₂ biogenica con un approccio non neutrale (scenari 2 e 4), è stata considerata la quantità di carbonio e la potenziale CO₂ sequestrata in PaperShell, nonché quella potenzialmente emessa durante la fase di fine vita. I dati utilizzati sono i seguenti:

- Formula: $(44/12) * \text{contenuto di carbonio} * ((\text{densità} * \text{volume}) / ((1 + (\% \text{umidità} / 100))))$
- Contenuto di carbonio: 41%
- Densità: 1437,44 kg./m³
- Volume: 0,002094 m³
- Umidità: 1,85%
- CO₂ sequestrata: 0,019 kg.

In questo scenario, lo smaltimento in discarica è stato valutato esclusivamente attraverso il processo di smaltimento del cartone (Treatment of waste paperboard, sanitary landfill CH), con un adeguamento delle emissioni di CO₂ e CH₄ basato sulle ipotesi utilizzate nel dataset Ecoinvent.

Ritieni che questo sia l'approccio corretto da adottare?

- i) Per lo smaltimento tramite inceneritore, si assume che il 100% del carbonio sequestrato venga riemesso nell'atmosfera.

Ritieni che questo sia l'approccio corretto da adottare? In caso negativo, puoi spiegarci il motivo?

- j) Per lo scenario che include la pirolisi (scenari 3 e 4) per valutare gli impatti, i dati primari sono stati raccolti direttamente da PaperShell. Nello scenario proposto, la scocca viene smaltita interamente tramite pirolisi, mentre per lo smaltimento del resto della seduta vengono utilizzati dati medi europei. Per le scocche raccolte e smaltite tramite pirolisi in Svezia, viene valutato un trasporto aggiuntivo, che considera la raccolta dai paesi di vendita fino al magazzino di stoccaggio (chilometraggio stimato simile a quello della distribuzione) e il trasporto delle scocche in Svezia presso PaperShell per il trattamento. I dati primari relativi al processo di pirolisi di PaperShell sono i seguenti:

INPUT:

- Biomassa: 779 g
- Biochar: 268 g
- Elettricità: 72 Wh

OUTPUT:

- Contenuto di carbonio nel biochar: 91%
- Assorbimento di CO₂ biogenica: 894 g

Ritieni che questo sia l'approccio corretto da adottare?

- k) Per il processo di pirolisi viene utilizzato il mix energetico svedese. Il carbonio sequestrato sotto forma di CO₂ biogenica nel biochar viene valutato in linea con i dati primari presentati nella Domanda 10. La generazione di ceneri e il loro successivo smaltimento nel processo di pirolisi sono omessi, in quanto considerati di scarsa rilevanza.

Sei d'accordo con questo approccio?

- l) I risultati sono stati valutati sia con il metodo IPCC (in tutti i 4 scenari metodologici) sia con il metodo EF (solo per gli scenari con approccio neutrale, a causa della natura intrinseca del metodo).

- *Scenario 1:* CO₂ biogenica con approccio neutrale e pirolisi esclusa dai confini del sistema (BASELINE). La CO₂ biogenica non viene valutata. La pirolisi è considerata un processo di riciclo, il cui prodotto (biochar) e il consumo necessario per generarlo vengono valutati nel ciclo di vita successivo.
- *Scenario 2:* CO₂ biogenica con approccio non neutrale e pirolisi esclusa dai confini del sistema. Le scelte per la fase di fine vita della pirolisi sono allineate con lo Scenario 1. Vengono incluse la cattura e le emissioni di CO₂ biogenica.
- *Scenario 3:* CO₂ biogenica con approccio neutrale e pirolisi inclusa nei confini del sistema. La CO₂ biogenica non viene valutata. Vengono invece considerati i flussi in ingresso e in uscita relativi al processo di pirolisi.
- *Scenario 4:* CO₂ biogenica con approccio non neutrale e pirolisi inclusa nei confini del sistema. Vengono valutati gli input e output della pirolisi. La CO₂

biogenica viene considerata, includendo anche il sequestro derivante dalla produzione di biochar, sebbene il suo utilizzo finale non sia noto.

Ritieni che questi quattro scenari coprano tutte le opzioni possibili, anche se eventualmente irrilevanti?

- m) Le figure qui sotto mostrano i risultati ottenuti con il metodo IPCC per gli scenari relativi alla pirolisi e allo smaltimento standard in Europa (RER). Il metodo IPCC valuta solo una categoria di impatto relativa al potenziale di riscaldamento globale (GWP), il che consente una visione limitata delle performance ambientali del prodotto.

	Totale	Upstream	Core	Downstream	Imballo
Scenario 1 - Pirolisi	18,1	11,3	1,3	3,4	2,0
Scenario 1 - RER	16,4	11,3	1,3	1,8	2,0
Scenario 2 - Pirolisi	14,7	8,7	1,3	3,4	1,3
Scenario 2 - RER	13,2	8,7	1,3	1,9	1,3
Scenario 3 - Pirolisi	18,1	11,3	1,3	3,4	2,0
Scenario 3 - RER	16,4	11,3	1,3	1,8	2,0
Scenario 4 - Pirolisi	11,3	8,7	1,3	0,0	1,3
Scenario 4 - RER	13,2	8,7	1,3	1,9	1,3

Pensi che ci manchino altri impatti o categorie di impatto rilevanti che dovremmo considerare ed evidenziare quando valutiamo e comunichiamo le performance ambientali di Catifa Carta?

- n) Lo studio affronta tre temi (le emissioni, il sequestro del carbonio biogenico e l'allocazione dei processi di riciclo) per i quali non esiste un consenso unanime nell'ambito della metodologia LCA. Sono stati pertanto adottati approcci differenti, i quali hanno portato alla creazione di 4 scenari paralleli utilizzati per l'analisi del ciclo di vita di Catifa Carta. Gli scenari includono la valutazione del carbonio biogenico con un approccio neutro e non neutro, nonché l'eventuale inclusione del processo di pirolisi per la produzione di biochar all'interno dei confini del sistema analizzato. Lo scenario che prevede un impatto neutro del carbonio biogenico e l'esclusione del processo di pirolisi dai confini del sistema è stato scelto come scenario di riferimento (baseline), in quanto allineato con la maggior parte dei sistemi EPD e con le norme ISO 14064 e 14067 per il CO₂ biogenico. A livello di risultati ottenuti, lo scenario 4 dimostra che, includendo il sequestro di CO₂ biogenica tramite biochar nei confini del sistema, il ciclo di vita che include la pirolisi della scocca ha un impatto GWP inferiore rispetto a quello che considera la gestione media europea dei rifiuti per

l'intera seduta. I risultati di quest'ultimo scenario sono validi per un processo di pirolisi che prevede lo stesso rendimento di biochar, con lo stesso contenuto di carbonio biogenico e lo stesso consumo dello stesso mix elettrico di quelli analizzati. *Pensi che questa affermazione possa essere considerata ragionevolmente vera, coerente e responsabile in termini di comunicazione equa?*

o) *Hai ulteriori osservazioni/commenti/dichiarazioni che vorresti condividere con noi?*

6.2. Coinvolgimento degli esperti

Sono stati invitati 70 specialisti del settore, selezionati in base alla categoria di appartenenza e a conoscenze professionali dei promotori dello studio. La Figura 4 riporta nel dettaglio il numero di esperti per ognuna delle categorie selezionate.

Categoria	Invitati	Accettato
Architetti	8	1
Clienti finali	1	1
Competitor	7	2
Consulenti esterni	10	6
Dealer	4	1
Giornalisti	1	0
Istituzioni	12	2
Aziende di software LCA	3	2
Università	7	4
Multinazionali	12	1
Medie e grandi aziende	4	2
Finanza	1	0
Totale	70	22

31%

Fig. 4: Numero di esperti interpellati per l'open consultation divisi per categoria di appartenenza

Alla richiesta hanno risposto 22 professionisti che hanno accettato di partecipare alla consultazione. Tuttavia, alcuni si sono resi conto di non essere in grado di fornire un riscontro circostanziato e hanno declinato in seconda istanza l'invito. Di quelli che hanno accettato di partecipare, solamente 9 hanno effettivamente compilato il questionario:

- Andreas Ciroth (Proprietario presso GreenDelta GmbH)
- Christian Lodgaard (Chief Design Officer presso Flokk)
- Christian Steiner (Proprietario presso Multiple Impact by C. Steiner)
- Francesca Manzini (Sustainability Manager presso Focus Lab S.r.l.)
- Nicola Fabbri (Senior Consultant presso IPLUS SB s.a.s.)
- Samuel Vionnet (Proprietario presso Valuing Impact)
- Silvia Zanazzi (Head Scientist presso Nativa S.r.l.)
- Altri due esperti che hanno preferito non divulgare il loro nome nel documento.

6.3. Raccolta e analisi dei feedback

Le risposte ricevute sono state analizzate nel dettaglio al fine di individuare spunti utili e suggerimenti per affinare le ipotesi iniziali. In generale, le risposte sono risultate essere

allineate per approccio e opinione. Solo in due casi si è ritenuto necessario approfondire ulteriormente le risposte per comprenderne meglio le motivazioni. In tali circostanze, gli interessati sono stati coinvolti direttamente e invitati a fornire ulteriori chiarimenti e dettagli a integrazione di quanto già espresso. I coordinatori dello studio si sono poi fatti carico di identificare una risposta precisa (Sì oppure No), restituendo un breve riassunto per ognuna delle domande, in modo da poter avere una visione d'insieme del progetto e pianificare i prossimi passi. Riportiamo qui di seguito il risultato di tale analisi puntuale, che include pertanto anche una parte di valutazione personale degli autori. Per esigenze di sintesi, qui di seguito viene riportato l'elenco completo delle domande riportate al capitolo 6.1, con un breve paragrafo di contesto dove necessario, assieme ad un riepilogo del feedback ottenuto.

a) *Ritieni che lo Scenario 2 sia un'opzione valida?*

No. Pur essendo teoricamente accettabile, un approccio non neutrale non è accettabile se non è collegato alla corretta gestione del fine vita.

b) *Pensi che aggiornare lo Scenario 2 allo Scenario 4 abbia senso?*

Sì. Ciò non solo ha senso, ma è anche coerente sia con la domanda precedente che con l'approccio generale dello studio. Tuttavia, è necessario descrivere meglio il processo di pirolisi, aggiungendo dettagli tecnici e fornendo migliore contezza della destinazione finale del biochar. Inoltre, un approccio più conservativo potrebbe includere nel calcolo LCA la possibilità che non tutte le sedute diventino l'input di un processo di pirolisi.

c) *C'è qualcosa che stiamo tralasciando nei confini del sistema?*

No. Nella grande maggioranza dei casi i confini del sistema vengono considerati coerenti. L'unica piccola controversia riguarda l'incoerenza tra la non inclusione dell'impatto degli asset materiali e i processi standard di Ecoinvent, che a volte potrebbero includerlo. Tuttavia, l'impatto sarebbe minimo.

d) *L'approccio scelto dovrebbe essere attributivo?*

Sì. L'approccio attributivo è l'approccio prevalentemente utilizzato negli studi LCA ed è rilevante anche per questo studio.

e) *Ritieni che le regole di allocazione siano corrette?*

Sì. Particolare attenzione è stata posta sul modo in cui vengono gestiti i co-prodotti del processo di pirolisi, identificandolo come una questione da approfondire meglio. Nel nostro caso, il syngas viene liquefatto e riutilizzato come combustibile per l'impianto di pirolisi, mentre il bio-olio non è stato considerato nel calcolo. In generale, quindi, l'approccio proposto in questo studio può essere considerato conservativo. Va inoltre aggiunto che, con ogni probabilità, i dubbi non sarebbero emersi se avessimo integrato anche il modello di calcolo nei documenti relativi allo studio LCA.

f) *In base alla tua conoscenza e alla letteratura scientifica disponibile, ritieni che il biochar prodotto attraverso un processo di pirolisi possa immagazzinare CO₂ per più di 100 anni, consentendo così la contabilizzazione della CO₂ biogenica?*

Sì. In generale, la letteratura conferma che l'agricoltura è l'unica applicazione che garantisce la fissazione del carbonio nel terreno per più di 100 anni. Ciò è stato confermato, tra gli altri, dal Progetto Drawdown³. In questo contesto, i due aspetti che necessitano di particolare attenzione sono l'uso effettivo che viene fatto del biochar e il fatto che le sedute saranno effettivamente immesse nel processo di pirolisi.

g) *PaperShell e cartone possono essere considerati simili in termini di processi di produzione, smaltimento e relativi impatti?*

No. Questo punto ha generato opinioni contrastanti. In generale, sebbene non siano state suggerite alternative puntuali, la sensazione diffusa è che persistano alcune differenze, come ad esempio i flussi di gestione dei rifiuti. Una possibile soluzione potrebbe essere quella di modellare lo smaltimento di PaperShell utilizzando esclusivamente dati primari. Nel nostro caso specifico, sono stati utilizzati i dati forniti direttamente da PaperShell, che in realtà ha già aggiornato il modello di dati con alcuni dati primari.

h) *Ritieni che questo sia l'approccio corretto da adottare? (smaltimento in discarica degli Scenari 2 e 4 calcolato adattando le emissioni di CO₂ and CH₄ del processo di smaltimento del cartone in base al dataset Ecoinvent)*

Sì. L'approccio è stato generalmente ritenuto corretto. Andrebbe comunque effettuato un controllo su altre possibili emissioni generate dal processo di smaltimento (ad esempio ossidi di azoto e zolfo), nonché sulla risoluzione geografica (allineamento a livello RER).

i) *Ritieni che questo sia l'approccio corretto da adottare? In caso negativo, puoi spiegarci il motivo? (incenerimento con reimmissione nell'aria del 100% del carbonio sequestrato)*

Sì. L'ipotesi è stata ritenuta corretta. Alcune ceneri potrebbero tecnicamente contenere del carbonio (volatile), ma l'approccio conservativo in questo caso è la scelta corretta.

j) *Ritieni che questo sia l'approccio corretto da adottare? (Scenari 3 e 4 con smaltimento scocca con pirolisi basata su dati primari PaperShell, smaltimento base con dati secondari RER, conteggio emissioni trasporto per take-back e spedizione a impianto di pirolisi in Svezia)*

Sì. L'approccio metodologico è ragionevole, ma è consigliabile integrare la descrizione del metodo adottato con informazioni tecniche più dettagliate sul sistema di

³ Per ulteriori dettagli, vedi: <https://drawdown.org/solutions/biochar-production>

valutazione del contenuto di biochar, soprattutto per quanto riguarda la frazione stabile di carbonio.

k) *Sei d'accordo con questo approccio? (mix energetico svedese, sequestro di carbonio in linea con i dati primari PaperShell, omissione della generazione e smaltimento della cenere)*

Sì. L'approccio è accettabile, a condizione che venga fornita la prova della scarsa significatività delle ceneri (ad esempio indicando il rapporto tra la massa delle ceneri e il peso totale della biomassa e/o contenuto di carbonio delle ceneri).

l) *Ritieni che questi quattro scenari coprano tutte le opzioni possibili, anche se eventualmente irrilevanti?*

Sì. Tuttavia, magari nel contesto di uno studio successivo, sarebbe estremamente interessante indagare la capacità e la stabilità del sequestro di carbonio all'interno del biochar ipotizzando diversi scenari di utilizzo finale.

m) *Pensi che ci manchino altri impatti o categorie di impatto rilevanti che dovremmo considerare ed evidenziare quando valutiamo e comunichiamo le performance ambientali di Catifa Carta?*

Sì. Un'analisi di sensibilità potrebbe mostrare la potenziale influenza che la scelta e l'uso di mobili hanno sulle capacità complessive di sequestro del carbonio, evidenziando quindi la responsabilità delle scelte del consumatore e il modo in cui esse influenzano l'impatto complessivo del prodotto. Inoltre, categorie come il potenziale di acidificazione, il potenziale di eutrofizzazione, l'esaurimento delle risorse e l'ecotossicità potrebbero fornire un resoconto più completo degli impatti. Infine, una ripartizione tra i vari indicatori del cambiamento climatico (fossile, biogenico, LUC, LULC) aiuterebbe a mostrare i vari contributi. In generale, quindi, viene richiesta un'analisi dei risultati più dettagliata.

n) *[...] Lo scenario con approccio non neutrale che include la pirolisi (Scenario 4) dimostra che, includendo il potenziale di sequestro della CO₂ biogenica mediante il biochar nei confini del sistema, il ciclo di vita che prevede la pirolisi della scocca ha un impatto GWP inferiore rispetto a quello che considera lo smaltimento medio europeo (RER) dell'intera seduta. Pensi che questa affermazione possa essere considerata ragionevolmente vera, coerente e responsabile in termini di comunicazione equa?*

Sì. Tuttavia, l'affermazione sarebbe ancora più coerente e responsabile se includesse un disclaimer sulla specificità delle attività di smaltimento. Inoltre, lo studio guadagnerebbe in equità se includesse considerazioni sulla variabilità nell'applicazione finale del biochar, che in alcuni casi potrebbe essere al di fuori del controllo di Arper.

o) *Hai ulteriori osservazioni/commenti/dichiarazioni che vorresti condividere con noi?*

Come indicato in precedenza, sarebbe stato utile avere accesso anche al modello di calcolo, in modo da poter chiarire alla fonte alcuni dei dubbi affiorati.

7. Conclusioni e prossimi passi

Il progetto Catifa Carta è un progetto caratterizzato da un alto tasso di innovazione e, come tale, esce dagli schemi concettuali e operativi a cui siamo abituati, anche e soprattutto in ottica di PCR per l’LCA di prodotto. Nel caso considerato, non si tratta infatti solamente di un nuovo materiale ad alte prestazioni ambientali, ma in primis di un modello di business strutturato in ottica di fine vita. Nei fatti, il processo che abbiamo disegnato e che abbiamo voluto mettere al vaglio di un pool di esperti con questa consultazione aperta ha dimostrato che il materiale in sé non è sufficiente a indurre un cambiamento sostanziale, e che lo sviluppo di un approccio strutturato e innovativo allo smaltimento del prodotto riveste un ruolo forse ancora più importante. Se la problematica della produzione di gas serra viene affrontata nel suo insieme, prolungare la vita utile di un prodotto e il relativo stoccaggio temporaneo del carbonio si limita a mitigare il problema, mentre la creazione e gestione responsabile di un serbatoio di stoccaggio stabile e duraturo risulta essere determinante per la soluzione del problema a livello globale. È partendo da questa convinzione che Arper ha scelto di focalizzare i suoi sforzi sulla costruzione di un nuovo sistema di ideazione e gestione del prodotto, che apre di fatto nuove prospettive, ancora in gran parte inesplorate.

Ad oggi, la consultazione ha confermato la bontà dell’approccio proposto, evidenziando almeno quattro punti che dovranno essere presi in debita considerazione per gli sviluppi progettuali futuri:

- a) Dovrà essere sviluppata *un’analisi di sensibilità*, con l’obiettivo di evidenziare la potenziale influenza che le modalità di selezione e utilizzo dell’arredo possono avere sulle capacità complessive di sequestro del carbonio, evidenziando quindi la responsabilità delle scelte del consumatore e il loro impatto sull’impronta ambientale complessiva del prodotto.
- b) Le affermazioni contenute nel documento risulterebbero ancora più coerenti e responsabili se includessero un maggiore dettaglio sulla specificità delle attività di smaltimento: lo studio guadagnerebbe in equità se includesse ad esempio considerazioni sulla variabilità nell’applicazione finale del biochar, che in alcuni casi potrebbe essere al di fuori del controllo operativo di Arper.
- c) L’analisi andrà allargata ad altre categorie d’impatto come il potenziale di acidificazione, il potenziale di eutrofizzazione, l’esaurimento delle risorse e l’ecotossicità, in modo da fornire un resoconto più completo degli impatti. Inoltre, una ripartizione tra i vari indicatori del cambiamento climatico (fossile, biogenico, LUC, LULC) aiuterebbe a identificare meglio i vari contributi.

- d) In continuità con a) e c), reputiamo possa risultare molto interessante allargare la valutazione di impatto anche ad aspetti collegati all'ambito sociale e non solo ambientale (ad esempio il benessere generato dalla mancata emissione di CO₂ nell'aria, piuttosto che le ricadute positive sulla società generate dalla disseminazione dei concetti di economia circolare) attraverso una valutazione monetaria dell'impatto ex post, utilizzando metodi riconosciuti a livello globale quali IFVI/Value Balancing Alliance, eQualy o SROI⁴.

8. Bibliografia

DRAWDOWN Project – Biochar production. Accesso elettronico:

<https://drawdown.org/solutions/biochar-production>

EUROCHAR Project – Biochar for Carbon sequestration and large-scale removal of greenhouse gases (GHG) from the atmosphere. Accesso elettronico:

<https://cordis.europa.eu/project/id/265179/results/it>

Giagnoni, L.; Baronti, S.; Maienza, A.; Renella, G.; Martellini, T.; Cincinelli, A.; Vaccari, F.P. (2020). *L'effetto sulla fertilità e sulle proprietà chimiche del suolo in risposta al trattamento con biochar in agricoltura: casi studio in aziende vitivinicole*, pp. 16-16. (Intervento presentato al convegno XXXVIII convegno Nazionale della Società di Chimica Agraria SICA 2020 - Il contributo della chimica agraria nel contesto dell'Agenda 2030 e dei suoi SDGs). Accesso elettronico: <https://hdl.handle.net/2158/1212562>

International Foundation for Valuing Impacts, Inc.; Value Balancing Alliance, e.V. (2024). *Conceptual Framework for Impact Accounting*. Accesso elettronico: https://www.value-balancing.com/_Resources/Persistent/5/3/0/2/5302cd69c8bd73a01d1cd2686c64584e7faa5e56/IFVI_VBA_General%20Methodology%201_A4.pdf

Nicholls, J.; Lawlor, E.; Neitzert, E.; Goodspeed, T. (2012). *A Guide to Social Return on Investment*. Social Value International. Accesso elettronico:

<https://www.socialvalueint.org/guide-to-sroi>

Vaccari, F.P.; Baronti, S.; Lugato, E.; Genesio, L.; Castaldi, S.; Fornasier, F.; Miglietta, F. (2011). *Biochar as a strategy to sequester carbon and increase yield in durum wheat*. EUROPEAN JOURNAL OF AGRONOMY, 34 (4): 231-238. doi: 10.1016/j.eja.2011.01.006. Accesso elettronico: <http://hdl.handle.net/10449/20081>

⁴ Vedi riferimenti in bibliografia per ulteriori dettagli su come ottenere informazioni sulle metodologie indicate.

Vionnet, S. (2024). *eQaly Impact Valuation Method*. Accesso elettronico:
<https://www.valuingnature.ch/post/eqaly-impact-valuation-method>