



Università
degli Studi
di Palermo



ASSOCIAZIONE
RETE ITALIANA LCA



XVI
CONVEGNO
ASSOCIAZIONE
RETE ITALIANA LCA

La sostenibilità
nel contesto del PNRR:
il contributo della
Life Cycle Assessment

22-24 giugno 2022

UNIVERSITÀ DI PALERMO

ATTI DEL CONVEGNO



Università
degli Studi
di Palermo



ASSOCIAZIONE
RETE ITALIANA LCA

ATTI

XVI Convegno dell'Associazione Rete Italiana LCA

La sostenibilità nel contesto del PNRR: il contributo della Life Cycle Assessment

22-24 giugno 2022

UNIVERSITÀ DI PALERMO

© 2022 Associazione Rete Italiana LCA

Publicato da: Associazione Rete Italiana LCA

Data di pubblicazione: 2022

Paese di pubblicazione: Italia

Lingua: Italiano

Formato dell'e-book: PDF

ISBN: 9791221004588

Analisi del ciclo di vita e CO₂ assorbita da un bambusetto gestito in Italia: applicazione ad un caso studio

Elena Neri^{1,2,3}, Gaia Esposito^{1,2,3}, Michela Marchi^{2,3}, Valentina Niccolucci^{2,3}, Federico Maria Pulselli³, Nadia Marchettini^{2,3}, Mauro Lajo⁴, Emanuele Rissone⁴, Riccardo M. Pulselli^{1,2}

Abstract: Il bambù è una delle risorse naturali potenzialmente impiegabili per la compensazione di emissioni di gas serra. In particolare il *Phyllostachys edulis*, anche detto bambù gigante, è una pianta ad accrescimento veloce e pertanto in grado di stoccare carbonio più rapidamente di altre specie vegetali. Questo studio presenta il caso di un bambusetto gestito da Forever Bambù Società Agricola Srl Società Benefit in centro Italia. Il modello elaborato fornisce una stima delle emissioni di gas serra (GWP100) prodotte durante la gestione di un bosco di bambù gigante e dell'assorbimento di CO₂ nel suo ciclo vitale. I risultati evidenziano non solo che le emissioni sono compensate per circa 100 volte, ma anche che la capacità del bambusetto di assorbire CO₂ dall'atmosfera è fino a 36 volte più alta di un bosco tradizionale italiano. Questo dimostra la potenzialità di utilizzo del bambù per generare stock di carbonio di lungo periodo per un impiego della biomassa raccolta in beni durevoli.

1. Introduzione

Con oltre 30 milioni di ettari (FAO, 2010), il bambù è una delle più diffuse colture al mondo, definito anche come “la fibra del futuro” (INBAR, 2021). Si tratta di una pianta resistente, ad accrescimento rapido con una rilevante produzione di biomassa e un conseguente elevato assorbimento di CO₂, superiore a quello di altri boschi e foreste (INBAR, 2017). L'Organizzazione delle Nazioni Unite, attraverso l'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), considera l'attivazione di possibili programmi di supporto finanziario o di agevolazione fiscale per piani di forestazione con bambù giganti nell'ambito delle strategie di mitigazione del cambiamento climatico (IPCC, 2018). L'Asia (in particolare la Cina che ha superato gli USA in emissioni di CO₂) utilizza questa strategia di mitigazione. Un ettaro di piantagione di bambù può generare più di 300 tonnellate di biomassa all'anno e può essere considerato uno strumento strategico per il sequestro del carbonio (Seethalakshmi et al., 2009).

Il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza per l'Italia (PNRR), approvato il 13 luglio 2021 dal Consiglio dell'Unione Europea, prevede 500 milioni di euro da destinare alla riqualificazione dei

¹ INDACO2 srl

² LABORIOSO, Laboratorio di Ricerca Congiunto, Università degli Studi di Siena

³ Ecodynamics Group, Università di Siena

⁴ Forever Bambù Holding srl

Email: elena.neri@indaco2.it

siti orfani, ovvero aree potenzialmente contaminate dove non è identificabile un responsabile per l'azione di bonifica (misura M2C4, investimento 3.4). In merito, sono previsti Piani d'azione che individuano i siti orfani di tutte le Regioni e le Province autonome e stabiliscono gli interventi specifici da intraprendere con l'obiettivo di riqualificare almeno il 70% delle aree rilevate entro il primo trimestre del 2026. Queste iniziative aprono una interessante prospettiva per ipotizzare l'impiego del bambù a scopo ambientale, ad esempio come fitorisanatore di siti contaminati da metalli pesanti (Bian et al., 2020).

Questo studio presenta la valutazione degli impatti e degli assorbimenti di CO₂ da parte di un bambuseto in Italia, gestito secondo il metodo di coltivazione di Forever Bambù Società Agricola Srl Società Benefit. Il calcolo e la procedura sono stati certificati UNI EN ISO 14064-2:2019 a fine 2021.

2. Materiali e metodi

2.1. Caso di studio: la gestione di un ettaro di bambuseto

I bambuseti sono distribuiti in modo naturale nelle fasce climatiche tropicali e subtropicali del Pianeta e comunemente sono collocati in Africa, Asia e America centrale e meridionale (Canavan et al., 2017). Alcune specie possono anche crescere con successo nelle regioni temperate dell'Europa e del Nord America (Lobovikov et al., 2007) e in alcuni casi possono resistere anche a climi freddi con temperature intorno ai -20° C (Goyal et al., 2012).

Forever Bambù Società Agricola Srl Società Benefit è la società leader in Europa per la piantumazione di bambù gigante con 217 ha di piantagioni in Italia. L'oggetto dell'analisi è un bambuseto di *Phyllostachys edulis* (detto anche *Phyllosctachys pubescens* o comunemente Moso) di estensione 1 ha, piantato in Toscana e gestito per un tempo ipotetico di 100 anni da Forever Bambù. Le informazioni biologiche sul bambù sono state fornite dal personale esperto di Forever Bambù, basate su esperienza diretta, misurazioni e stime. In una superficie di 1 ha sono messe a dimora circa 1.200 piante che mediamente, a partire dal sesto anno di vita, sono composte di 16 culmi disposti su una superficie di 8 mq, di oltre 12 m di altezza e 8 cm di diametro. Il tempo di vita massimo del bambuseto è stimato di circa 100 anni, in quanto la sua fioritura gregaria (differente rispetto alle fioriture sporadiche e annuali perchè determina la morte del bambuseto) avviene al centesimo anno dalla piantumazione.

Il ciclo di vita del bambù è stato distinto in tre fasi principali:

- **FASE DI IMPIANTO.** è riferita alle operazioni di preparazione del terreno, messa a dimora delle piantine di bambù e trattamenti effettuati nel primo anno di vita del bambuseto. È incluso l'allevamento delle piantine in serra (i.e. dati da letteratura).
- **FASE DI CRESCITA.** Considera il periodo tra il primo e l'ottavo anno di vita del bambuseto, ovvero tutte le attività per la cura delle piantine in crescita (e.g. trattamenti, sfoltimento). Dopo l'impianto la pianta è lasciata crescere senza nessun intervento, fino al quarto anno, in cui si effettuano diradamenti a mano. Le piante crescono velocemente nel tempo, il numero di culmi per pianta diminuisce grazie allo sfoltimento, ma aumentano velocemente diametro e altezza, raggiungendo l'età adulta circa al sesto anno di vita; all'ottavo anno i culmi sono maturi, quindi pronti per essere sottoposti a taglio tecnico.
- **FASE DI MATURITÀ.** Questa fase include il periodo dal nono al centesimo anno di età, in cui il bambuseto è maturo; una volta arrivato a regime, la gestione del bambuseto è la stessa

per tutti gli anni. La pratica di gestione è caratterizzata dal taglio di un terzo dei culmi ogni anno (tutta la piantagione è quindi completamente rinnovata ogni 3 anni), per permettere uno sviluppo ottimale delle piante. A primavera, nell'arco di 3-4 mesi i germogli appena usciti, raggiungono la stessa altezza e diametro dei culmi (madre) precedentemente tagliati. Pertanto, nell'arco di 3 anni, la porzione tagliata sarà completamente ricostruita.

2.2. *Life Cycle Assessment*

Lo scopo dell'elaborazione LCA (ISO 14040-14044:2020) è individuare i potenziali impatti ambientali generati dalla gestione del bambuseto. L'unità funzionale di riferimento è 1 ha di bambuseto gestito per 100 anni. La procedura LCA adottata è del tipo "from cradle to gate" e include i processi a monte per la produzione di materiali, combustibili e tutti i prodotti utilizzati e stimati dai responsabili aziendali nei 100 anni di ipotetica gestione. Lo studio è stato effettuato utilizzando la banca dati EcoInvent 3.6 a supporto dell'analisi di inventario. Il modello è stato sviluppato con l'ausilio del software LCA SimaPro 9.1.1. Il metodo di calcolo selezionato è il CML-IA, sebbene l'unica categoria di impatto discussa in questa sede è il GWP100 espresso in kg CO₂eq. Questa forma di LCA è utile ed efficace per definire soluzioni per l'ottimizzazione della filiera integrata e per l'eventuale formulazione di scelte migliorative in materia decisionale.

Il Life Cycle Inventory è stato elaborato a partire da dati primari forniti direttamente dai responsabili aziendali, relativamente ai consumi di materiali ed energia per la gestione di un ettaro di bambuseto nei primi otto anni di vita. Per quanto riguarda le emissioni dirette dall'utilizzo di gasolio per i macchinari e dall'applicazione di fertilizzanti sono stati utilizzati i fattori proposti dall'IPCC 2006.

2.3. *Calcolo degli assorbimenti*

Le linee guida dell'IPCC per l'elaborazione degli inventari dei gas serra (IPCC, 2006, 2019), forniscono anche delle indicazioni per la valutazione del sequestro del carbonio nelle foreste. Tuttavia, queste linee guida standardizzate non prevedono parametri specifici per il bambù e le sue diverse specie. La letteratura fornisce vari studi relativi all'accrescimento della biomassa di bambù nelle aree tropicali e sub-tropicali (Isagi et al., 1997; Yuen et al., 2017), tuttavia è difficile venire in possesso di dati che caratterizzano le piantagioni realizzate ai climi temperati. Nessuno studio ad oggi è presente in letteratura scientifica riguardante bambuseti in Italia. Nel presente lavoro è stato elaborato un modello di calcolo ad hoc per stimare la quantità di CO₂ stoccata in una piantagione di bambù, della specie *Phyllostachys edulis*, in Italia. L'approccio si basa sull'utilizzo delle equazioni allometriche già precedentemente testate e pubblicate (Huy e Long, 2019), adattate alle dinamiche di accumulo della biomassa che interessano questo tipo di foreste (INDACO2, 2020).

I modelli utilizzati per il calcolo degli assorbimenti e delle emissioni sono stati verificati da ente terzo e certificati secondo la UNI EN ISO 14064-2:2019.

3. Risultati e discussioni

3.1. LCA, risultati e discussioni

Il totale delle emissioni generate in 100 anni di gestione del bambusetto è pari a 259 t CO₂eq per ettaro, circa 5% fase 1, 15% fase 2 e 80% fase 3. Nel complesso, gli input che principalmente incidono sulle emissioni totali di CO₂eq sono: 185 t CO₂eq emesse per viaggi di controllo (72%); 51 t CO₂eq per gasolio impiegato in tutte le operazioni di campo (20%); 14 t CO₂eq fertilizzanti (5%). Nella figura 1 sono raffigurati i diagrammi del GWP100 per 1 ha di bambusetto in 100 anni, nei quali è possibile individuare il contributo degli input nelle tre fasi di produzione.

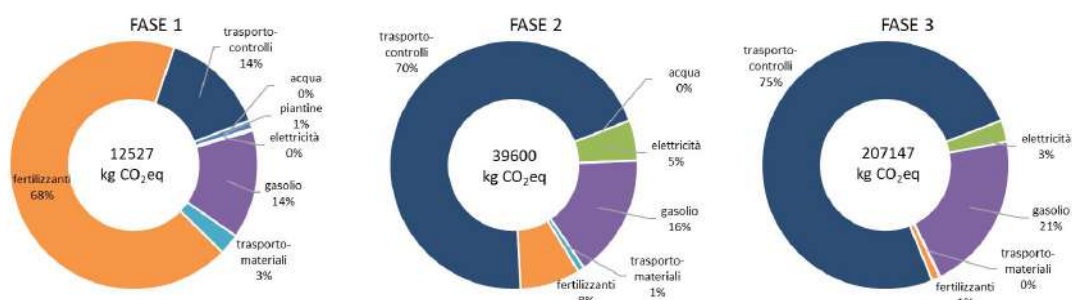


Figura 1 - Diagramma del GWP100, valori percentuali degli input per fasi di gestione.

Alla luce dei risultati dell'analisi, sono state individuate eventuali limitazioni e raccomandazioni relative al sistema produttivo. Gli impatti dei viaggi di controllo (72% sul totale) possono essere evitati ottimizzando gli spostamenti; inoltre, è auspicabile la progressiva sostituzione dei veicoli utilizzati, così come dei macchinari impiegati nelle lavorazioni (20% sul totale), in equivalenti elettrici o alimentati a biodiesel, considerando anche l'opzione dell'autoproduzione di biodiesel da scarti di coltivazione o biomassa raccolta. Ciò permetterebbe la minimizzazione degli impatti relativi all'utilizzo di combustibile da fonti fossili nelle operazioni considerate (92% sul totale). Infine, la raccomandazione in merito ai consumi elettrici è quella di massimizzare l'impiego di energia da fonti rinnovabili.

Studi di letteratura hanno evidenziato una certa variabilità in termini di emissioni dovute alla gestione di coltivazioni arboree. Inoltre, il confronto è comunque molto limitato in quanto non c'è coerenza tra le unità funzionali. Nella tabella 1 sono riportati i valori di GWP100, per anno medio, per un ettaro di coltivazione, di quattro specie arboree differenti: bambù, pino, pioppo e olivo. Nell'analisi per il bambù, il pino ed il pioppo, coltivazioni condotte allo scopo di produrre legname, il principale hotspot del processo di gestione è risultato l'impiego di gasolio per le attività di taglio e raccolta. Nella coltivazione dell'olivo invece (coltivato per la produzione di olio, non di legname), gli impatti maggiori sono associati innanzitutto all'utilizzo di fertilizzanti e fitofarmaci. Gli hotspot relativi alla coltivazione del bambusetto sono in linea con le evidenze riscontrate in letteratura (i.e. gasolio per le operazioni di campo, fertilizzanti), mentre gli impatti totali per anno medio risultano coerenti rispetto a quelli di letteratura e inferiori rispetto alla coltivazione del *Bambusa Balcooa* (Patel et al., 2020). Questo risultato indica che il sistema di coltivazione/gestione adottato da Forever Bambù è più efficiente nell'utilizzare materiali ed energia per ottenere il prodotto finale, sebbene i confronti siano effettuati su specie/varietà diverse e i dati sul bambusetto negli anni successivi alla maturità siano riferiti a stime previsionali. Dal momento in cui saranno disponibili dati di produttività, potrà essere effettuato un confronto esteso anche al legname raccolto.

Tabella 1 – Riferimenti di confronto da studi di letteratura. Il dato relativo a questo studio non include le emissioni dovute ai viaggi di controllo poiché negli altri studi non sono considerate. *Il valore per questo studio include solo i processi per la gestione/coltivazione.

REFERENCE	SPECIE COLTIVATA	GWP100 kg CO ₂ eq/ha/anno	NOTE
Patel et al., 2020	Bambù (<i>Bambusa balcooa</i>)	1038	India; media 20 anni di gestione, coltivazione non a regime; hotspot operazioni di raccolta
Ferro et al., 2018	Pino (<i>Pinus oocarpa</i>)	342	Brasile; media 12 anni di gestione; hotspot operazioni di raccolta
Proietti et al., 2014	Olivo (<i>Olea europaea</i>)	1507	Italia; media 11 anni di gestione, coltivazione a regime; hotspot utilizzo di fertilizzanti e fitofarmaci
Bacenetti et al., 2012	Pioppo	566	Italia; media 10 anni di gestione; hotspot operazioni di raccolta e utilizzo di fertilizzanti e fitofarmaci
Questo studio	Bambù gigante (<i>Phyllostachys edulis</i>)	738*	Italia; media 100 anni di gestione, coltivazione non a regime; hotspot gasolio per operazioni di raccolta

*solo processi gestione/coltivazione

3.2. Calcolo degli assorbimenti, risultati e discussioni

Applicando il modello di calcolo elaborato ad hoc, è stata ottenuta la quantità di biomassa secca stoccata in una pianta di *Phyllostachys edulis*. I risultati ottenuti per 1 pianta sono stati moltiplicati per il numero di piante per ettaro (i.e. 1200). La quantità di carbonio stoccata in 1 ha di bambuseto varia tra il primo e il decimo anno di vita per la crescita della pianta e le operazioni di diradamento, fino ad arrivare ad un andamento costante una volta raggiunta la maturità, in cui crescita e tagli si ripetono annualmente allo stesso modo. È stato osservato che i risultati estrapolati dal modello elaborato in questo studio (190 t C/ha) sono in linea con quelli riportati in Huy e Long, 2019 (i.e. 94-392 t C/ha), a conferma dei valori ottenuti.

Poiché all'ottavo anno di vita il bambù raggiunge la maturità, il sistema forestale si trova in una condizione di stato stazionario, nella quale la CO₂ stoccata nella biomassa rimane costante e il tasso di crescita è bilanciato da quello di respirazione. Nel caso in cui il bosco non fosse gestito, quindi non tagliato, l'assorbimento di CO₂ (al netto della respirazione) sarebbe vicino a zero dall'ottavo anno in poi. Nel caso in cui il bosco sia sottoposto a cicli di taglio, come nel caso della piantagione gestita da Forever Bambù, l'incremento annuo del bosco aumenta notevolmente perché i nuovi germogli raggiungono i volumi dei culmi tagliati nell'arco di pochi mesi. Questo è reso possibile grazie al sistema di gestione adottato dall'azienda, che mantiene intatti 2/3 dell'ettaro per dare forza massima di ricrescita alla porzione tagliata.

La quantità complessiva di CO₂ assorbita da un ettaro di bambuseto gestito in 100 anni risulta essere pari a -26.077 t CO₂.

In tabella 2 è riportato il tasso annuo di assorbimento di CO₂ da parte di differenti sistemi forestali maturi. Per effettuare questo confronto, è stato considerato l'assorbimento annuale di un ettaro di bambuseto maturo, a regime, ovvero dall'ottavo anno in poi. Come possiamo notare il contributo dato da 1 ha di bambuseto in un anno solare è notevolmente maggiore rispetto a quello rilevato per altre essenze arboree che si sviluppano nella fascia climatica temperata.

Tabella 2 - CO₂ assorbita annualmente da differenti foreste mature.

Tipi di vegetazione	Gestione forestale	Tasso di assorbimento annuo a maturità delle foreste	Fonte del dato
		t CO ₂ / (ha anno)	
Abete	Fustaia	24,20	REGES, 2018
Larice	Fustaia	24,20	
Pino	Fustaia	16,02	
Cipresso	Fustaia	16,72	
Castagno	Fustaia	9,00	
	Ceduo	8,76	
Faggio	Fustaia	9,80	
	Ceduo	8,49	
Roverella	Fustaia	6,91	
	Ceduo	7,08	
Cerro	Fustaia	9,41	
	Ceduo	6,50	
Leccio	Fustaia	8,53	
	Ceduo	7,97	
Pioppo	Arboricoltura	9,89	
Macchia arborea	-	3,34	
Macchia arbustiva	-	4,02	
Bosco misto	Misto	7,74	
Bambù (<i>Phyllostachys edulis</i>)	Taglio 1/3 a 8 anni	275	Questo Studio

Come evidenziato dalla tabella 2, il bambusetto di 1 ha coltivato con *Phyllostachys edulis* e gestito con cicli periodici di taglio, a maturità preleva annualmente dall'atmosfera una quantità di anidride carbonica 36 volte maggiore rispetto ad un bosco misto di conifere e latifoglie: 275 t CO₂/ (ha anno) vs 7,74 t CO₂/ (ha anno).

L'azione di sequestro della CO₂ stoccata nel materiale raccolto richiede tuttavia un'ulteriore riflessione. La CO₂ stoccata nel legno di bambù è assimilabile ad uno stock di lungo periodo a condizione che il legno sia impiegato in opere durevoli, ad esempio nel settore edile e dell'arredamento. L'impiego del bambù per la fabbricazione di carta ad esempio, impone una stima del tempo di vita minore, pur ipotizzando molteplici rimpasti successivi attraverso il riciclo. L'impiego per uso energetico attraverso bioraffinazione o termovalorizzazione corrisponde ad un immediato rilascio della CO₂ assorbita, ma con il vantaggio di un bilancio in pareggio, alternativo alla combustione di carburanti fossili. Il destino della biomassa raccolta è dunque una variabile che condiziona il risultato finale e impone approfondimenti in merito alle filiere di lavorazione della materia prima successivamente al raccolto.

4. Conclusioni

Il modello elaborato in questo studio fornisce una prima valutazione relativa alle emissioni e all'assorbimento di CO₂ di un bosco di bambù gigante, impiantato in Italia e gestito da Forever Bambù Società Agricola Srl Società Benefit. Al fine di stimare i potenziali impatti ambientali della filiera produttiva, la valutazione è stata condotta con uno studio LCA, con riferimento alla categoria di impatto GWP100. Per il calcolo degli assorbimenti è stato sviluppato un modello dinamico ad hoc basato su equazioni allometriche, simili a quelle proposte dall'IPCC per la stima della biomassa stoccata nelle foreste. Le equazioni allometriche sono state calibrate utilizzando dei parametri specifici relativi alla pianta oggetto di studio.

L'analisi è stata eseguita su dati, di tipo primario, raccolti mediante questionari compilati direttamente dai responsabili aziendali, frutto di misurazioni e stime su 100 anni di vita del bambuseto. L'unità funzionale di riferimento è stata 1 ha di bambuseto gestito per 100 anni. Il risultato dell'analisi mostra un'emissione per la gestione di un ettaro di bambuseto di circa 259 t CO₂eq per 100 anni e un assorbimento di -26.077 t CO₂ (i.e. Carbon Footprint Offset = -25.818 t CO₂ per 100 anni). I modelli e i risultati ottenuti sono stati verificati da un ente terzo e a fine 2021 è stata ottenuta la certificazione UNI EN ISO 14064-2:2019.

La LCA ha consentito pertanto di identificare le criticità del processo e di conseguenza gli aspetti da ottimizzare nell'ottica di un progressivo miglioramento della gestione del bambuseto. I risultati dell'analisi degli assorbimenti evidenziano che un ettaro di bambuseto maturo, se ben gestito e sottoposto a cicli periodici di taglio, rimuove annualmente dall'atmosfera una quantità di anidride carbonica 36 volte maggiore rispetto ad un bosco misto gestito, costituito da alberi di conifere e di latifoglie. Ulteriori approfondimenti futuri sono previsti per studiare i potenziali utilizzi e le filiere successive alla raccolta del bambù, verificare quindi la durata di lungo-medio-breve periodo dello stock di carbonio e come ottimizzare l'intero processo, dalla culla alla tomba.

5. Bibliografia

- Bacenetti, J, González-García, S, Mena, A, Fiala, M, 2012. Life cycle assessment: an application to poplar for energy cultivated in Italy. *J. Agric. Eng.* Volume XLIII:e11.
- Bian, F, Zhong, Z, Zhang, X, Yang, C, Gai, X, 2020. Bamboo - an untapped plant resource for the phytoremediation of heavy metal contaminated soils. *Chemosphere.* 246.
- Canavan, S, Richardson, DM, Visser, V, Le Roux, JJ, Vorontsova, MS, Wilson, JRU, 2017. The global distribution of bamboos: assessing correlates of introduction and invasion, *AoB PLANTS*, Volume 9, Issue 1.
- EcoInvent, 2019. The ecoinvent® v3.6 database. The Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf (CH).
- FAO, 2010. Global forest resources assessment. FAO (Food and Agricultural Organization), Rome, Italy.
- Ferro, FS, Lopez Silva, DA, Hideyoshi Icimoto, F, Rocco Lahr, FA, González-garcía, S, 2018. Environmental Life Cycle Assessment of industrial pine roundwood production in Brazilian forests. *Sci. Total Environ.* pp. 599-608.
- Goyal, AK, Ghosh, PK, Dubey, AK, Sen, A, 2012. Inventorying bamboo biodiversity of North Bengal: a case study. *J. Fundament Appl Sci.*1(1), 5-8.

- Huy, B, Long, TT, 2019. A manual for bamboo forest biomass and carbon assessment. International Bamboo and Rattan Organisation (INBAR). Report.
- INBAR, 2017. International Bamboo and Rattan Organisation – Annual Report.
- INBAR, 2021. Bamboo and Rattan Update. BAMBOO: FIBRE OF THE FUTURE. Vol. 2 Issue 3, September 2021. Viewed 9 Mar 2022 https://www.inbar.int/wp-content/uploads/2021/10/BRU_V2I3_INBAR_Bamboo-Fibre-of-the-Future.pdf
- IPCC, 2006. 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- IPCC, 2018. Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty.
- IPCC, 2019. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. In: Calvo Buendia, E, Tanabe, K, Kranjc, A, Baasansuren, J, Fukuda, M, Ngarize, S, Osako, A, Pyrozhenko, Y, Shermanau, P and Federici, S (eds). Published: IPCC, Switzerland.
- Isagi, Y, Kawahara, T, Kamo, K, Ito, H, 1997. Net production and carbon cycling in a bamboo *Phyllostachys pubescens* stand. *Plant Ecology*, 130, 41–52.
- ISO, 2020. - Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework — Amendment 1, ISO 14040:2006/AMD 1:2020
- ISO, 2020. - Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines — Amendment 2, ISO 14044:2006/AMD 2:2020
- Lobovikov, M, Paudel, S, Piazza, M, Ren, H, Wu, J, 2007. World bamboo resources: a thematic study prepared in the framework of the global forest resources assessment 2005. Rome: FAO, INBAR.
- INDACO2srl, Neri E, Pulselli RM, Marchi M, 2020. Assorbimento di CO2 di un bambusetto gestito da Forever Bambù e coltivato in Italia.
- Patel, B, Patel, A, Gami, B, Patel, P, 2020. Energy balance, GHG emission and economy for cultivation of high biomass varieties of bamboo, sorghum and pearl millet as energy crops at marginal ecologies of Gujarat state in India. *Renew. Energy*. 148 pp. 816-823.
- Proietti, S, Sdringola, P, Desideri, U, Zepparelli, F, Brunori, A, Ilarioni, L, Nasini, L, Regni, L, Proietti P, 2014. Carbon footprint of an olive tree grove. *Appl. Energy*. 127 pp. 115-124.
- REGES, 2018. Bilancio delle emissioni dei gas ad effetto serra per il territorio della Provincia di Siena – Verifica e Certificazione. Anno 2018. Report.
- Seethalakshmi, KK, Jijeesh, CM, Balagopalan, M, 2009. Bamboo plantations: an approach to Carbon sequestration. Proceedings of National Workshop on Global Warming and its Implications for Kerala.
- SimaPro LCA software <http://www.pre.nl/content/simapro-lca-software>.
- Swiss Centre for Life-Cycle Inventories - Ecoinvent database v3 -Dubendorf, Switzerland; <http://www.ecoinvent.org/database/>
- UNI EN ISO 14064-2:2019, 2019. “Specification and guidance at project level for quantifying, monitoring and reporting of greenhouse gas emission reduction or removal enhancement “;

- Wernet, G, Bauer, C, Steubing, B, Reinhard, J, Moreno-Ruiz, E, and Weidema, B, 2016. The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. *Int. J. Life Cycle Assess.*, 21(9), pp.1218–1230.
- Yuen, JQ, Fung, T, Ziegler, AD, 2017. Carbon stocks in bamboo ecosystem worldwide: estimates and uncertainties. *For. Ecol. Manag.* 393, 113-138.