

EDITORIA SCOLASTICA E IMPATTI AMBIENTALI: ANALISI DEL CASO ZANICHELLI TRAMITE LA METODOLOGIA LCA

Camilla Tua^{1,*}, Giulia Cavenago^{2*}, Mario Grosso^{2*}, Lucia Rigamonti^{2*}

¹Collaboratrice esterna gruppo di ricerca AWARE

²Politecnico di Milano, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Milano.

Sommario

L'industria dell'editoria scolastica, tradizionalmente basata su copie cartacee, è da tempo indirizzata verso la progressiva digitalizzazione del prodotto. Questo articolo fornisce una valutazione quantitativa degli impatti ambientali associati alla filiera produttiva, distributiva e d'uso del libro scolastico in modalità mista di tipo b commercializzato dal gruppo editoriale Zanichelli. Tale libro si compone di un volume cartaceo di 400 pagine e di un e-book multimediale. Lo studio, effettuato secondo la metodologia di valutazione del ciclo di vita (Life Cycle Assessment, LCA), è stato svolto con l'obiettivo di effettuare una prima valutazione dei carichi ambientali del prodotto in esame, in modo da individuare i margini di miglioramento e quindi indirizzare le strategie di sostenibilità ambientale della casa editrice. Particolare attenzione è stata posta sul prodotto digitale, sia perché in espansione, sia perché i carichi ambientali ad esso associati risultano influenzati dalle modalità d'uso dell'utente, differenziandosi fortemente in questo dal libro cartaceo. L'analisi ha incluso tutte le fasi coinvolte nella filiera editoriale, descritta prevalentemente con dati primari del gruppo Zanichelli per l'anno 2019 e ha indagato 15 categorie di impatto ambientale proposte nel metodo

di caratterizzazione *Environmental Footprint* 3.0 raccomandato dalla Commissione Europea. Gli impatti ambientali del libro misto, nello scenario d'uso attuale della componente digitale (visione online/scaricamento su dispositivo personale di un ottavo dell'e-book e sua consultazione per il 5% del tempo di apprendimento), sono principalmente associati al ciclo di vita del libro cartaceo, soprattutto alla produzione di carta vergine per la sua realizzazione. Attualmente le potenzialità dell'e-book sono poco sfruttate e di conseguenza il suo carico ambientale è ridotto. Tuttavia, se l'e-book venisse utilizzato al massimo delle sue potenzialità (visione online/scaricamento di tutto l'e-book e sua consultazione per il 100% del tempo dedicato all'apprendimento della materia), gli impatti complessivi del libro misto di tipo b subirebbero un aumento importante per 15 delle 16 categorie di impatto analizzate, oscillante tra il +17% e il +229% (ad esempio, +59% per le categorie cambiamento climatico e consumo di risorse energetiche non rinnovabili).

Parole chiave: *Life Cycle Assessment (LCA), libro, e-book, scuola, digitale*

ENVIRONMENTAL IMPACTS OF THE EDUCATIONAL BOOK PUBLISHING: THE CASE OF ZANICHELLI

Abstract

The Italian publishing houses are traditionally based on printed books. However, in the last years, another tool for conveying content and information has been developed with the introduction of digital books (e-books). E-books have the advantage of offering a wide range of digital content

and of avoiding carrying weight, but the "digital cost" is not burden-free in terms of environmental impacts. As of now, the most widespread proposal of the Italian publishing houses to schools is a mixed package (called "type b ministerial book"), including a printed and an e-book. This work has assessed the potential environmental impacts related to the type b ministerial book as commercialised by the Italian company Zanichelli. The average printed book weighs 860 grams, and it is made of 400 pages, while the e-book is composed of the same pages of the printed book

IdA



*Per contatti: camilla.tua@mail.polimi.it, Piazza Leonardo da Vinci 32, 20133 Milano. Tel. 02.23996415

Ricevuto il 29-3-2022; Correzioni richieste il 7-6-2022; Accettazione finale il 22-6-2022.

in digital format plus a variety of videos and interactive exercises. The analysis was performed through the Life Cycle Assessment (LCA) methodology with the main objective of identifying the stages that give rise to the main environmental burdens along the supply chain. Results of the analysis have been used to recommend to the company some improvements to the environmental performance of its product. A particular focus has been dedicated to the e-book life cycle, whose environmental impacts are expected to be highly dependent on usage patterns. In fact, the user might transfer a variable amount of digital information from the data centre (i.e., downloading a certain amount of Gigabyte) during a scholastic year and the time spent on the e-book reading device can range from a few minutes to many hours per year.

Primary data related to the Zanichelli company for the year 2019 were collected as far as possible in order to model the system of the analysed product, otherwise for the background data the ecoinvent database, version 3.7.1 was used. Fifteen midpoint impact indicators of the Environmental Footprint method (version 3.0), recommended by the European Commission, were calculated.

In accordance with the adopted assumptions for the current situation, most of the impacts of the mixed book are associated to the life cycle of the printed book, with a contribution to the total burden higher than 80% in all the analysed impact categories. This result is mainly due to the production of the coated, wood-free, virgin paper in an amount of 1 kilogram per printed book. On the other hand, the impacts associated to the life cycle of the e-book are minor (always lower than 15% of the total impact), since the current usage is very low. In fact, an average user of the e-book accesses only one-eighth of the available digital

material per year and the overall time spent reading the downloaded material is only 5% of the total time dedicated to learning the subject.

However, a sensitivity analysis of the usage patterns of the e-book has been performed and the outcome highlights an important influence of these parameters on the results. In case the e-book is used to a greater extent (i.e., downloading of the full digital content and learning of the subject entirely done on the e-book), the impacts of the mixed book would significantly increase, between + 17% and + 229% depending on the impact category. Most of the impacts of the e-book are associated to the electricity consumption used for both the transfer of the digital material from the data centre to the final user and the use of an electronic reader. Moreover, in some impact categories, also the production of the electronic device resulted in a significant environmental burden, although less of 1% of its production impacts have been allocated to the analysed function of learning.

In the last part of the study, it was analysed how the impacts of school publishing would change if the market moved from the current mixed package (paper book plus the e-book with minimal use) to the product only in the digital version (called ministerial book c in the Italian context). The use of the book type c would reduce the impacts in 12 out of 15 impact categories, while in two impact categories (freshwater eutrophication and depletion of minerals and metals) an evident increment of the environmental burden would be shown.

Keyword: *life cycle assessment (LCA), printed book, e-book, school, digital information*

1. Introduzione

La gestione e lo sviluppo dell'insegnamento nel sistema scolastico in Italia devono assicurare una scuola all'altezza delle sfide che attendono le nuove generazioni. In questo contesto, un ruolo particolarmente delicato è assunto dai libri di testo, definiti dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca come "*strumenti importanti, funzionali al conseguimento degli obiettivi didattici e formativi della scuola moderna,*" adottati "*in continuità con la tradizione italiana dell'editoria scolastica*".

Nell'ultimo decennio, in Italia, si è avviata una progressiva digitalizzazione del materiale di apprendimento scolastico tanto che, al momento, il materiale più adottato è rappresentato da libri in modalità mista (anche detti *di tipo b*), che prevedono la vendita contestuale di una copia cartacea e di un e-book multimediale contenente le stesse pagine del cartaceo e altri contenuti digitali integrativi.

Il gruppo editoriale Zanichelli, che produce libri dal

1859, si è recentemente attivato per svolgere una valutazione degli impatti ambientali associati all'intera filiera produttiva, distributiva e d'uso del proprio prodotto scolastico, con lo scopo di rafforzare la propria presa di coscienza sull'impronta ecologica aziendale e di diffondere, al contempo, la consapevolezza dei carichi ambientali del libro scolastico anche tra i consumatori (studenti e insegnanti). A tale proposito, Zanichelli ha realizzato una sezione dedicata sul proprio sito web (Zanichelli editore S.p.A, 2022) in modo che l'analisi non rimanga un'indagine isolata, ma divenga strumento di comunicazione trasparente.

L'analisi si inserisce nella rassegna di studi di letteratura che hanno valutato gli impatti ambientali associati a diverse modalità di lettura di un determinato contenuto editoriale. In relazione ai libri scolastici, sono disponibili due studi recenti (Enroth, 2009; Naicker e Cohen, 2016) che confrontano, per due differenti contesti geografici (la Norvegia e il Sud Africa), l'apprendimento tramite libro cartaceo e digitale (Tabella 1).

Tabella 1. Riassunto delle principali caratteristiche degli studi LCA presenti nella letteratura recente in merito all'editoria scolastica.

Fonte di letteratura e contesto geografico	Scenari confrontati e unità funzionale	Categorie di impatto	Principali risultati e conclusioni dello studio
Enroth (2009) - Norvegia	<ul style="list-style-type: none"> Confronto tra l'uso di materiale scolastico cartaceo e digitale per l'apprendimento da parte di 25.000 studenti. Il materiale è usato 2 ore a settimana per 40 settimane Un libro cartaceo pesa 0,8 kg ed è riutilizzato per 5 anni (4 t complessive) La dimensione complessiva del materiale digitale è di 1,5 GB ed è visionato da parte di 25.000 studenti tramite laptop o PC desktop con schermo LCD 	Cambiamento climatico	<ul style="list-style-type: none"> Nel sistema del libro cartaceo gli impatti sono prevalentemente associati alla produzione della carta (50%) e alla successiva fase di stampa (35%) Nel sistema digitale gli impatti sono prevalentemente associati alla fase di lettura (44%) e alla produzione del PC (38%) Il sistema digitale presenta impatti maggiori nella categoria di impatto <i>cambiamento climatico</i> rispetto all'uso del prodotto cartaceo (10 volte maggiori quando il contenuto digitale viene visionato su laptop e 30 volte se letto su PC desktop con schermo LCD)
Naicker e Cohen (2016) – Sud Africa	<ul style="list-style-type: none"> Confronto tra l'uso di libri cartacei e digitali per l'apprendimento scolastico di 1 studente universitario in un corso di economia per 4 anni (21 libri) Un libro cartaceo pesa 1,2 kg (25,2 kg complessivi) La dimensione di un e-book è di 9,18 MB (192,78 MB complessivi) ed è visionato tramite tablet 	18 categorie di impatto dal metodo ReCiPe 1.09 (midpoint hierarchist) e calcolo dell'indicatore Cumulative Energy Demand	<ul style="list-style-type: none"> Nel sistema del libro cartaceo gli impatti sono prevalentemente associati alla produzione della carta (es. 35% nella categoria di impatto <i>cambiamento climatico</i>) e alla successiva fase di stampa (es. 36% nella categoria di impatto <i>cambiamento climatico</i>) Nel sistema digitale gli impatti sono prevalentemente associati alla produzione del tablet in Cina e alla fase di lettura da parte dello studente Il sistema digitale presenta impatti minori in 14 delle 18 categorie di impatto analizzate (nella categoria di impatto <i>cambiamento climatico</i> l'impatto del digitale risulta inferiore di circa il 70%). A tale proposito si sottolinea l'importanza di promuovere il riutilizzo del libro cartaceo tra più utenti

Entrambi gli studi rivelano come i carichi ambientali di una copia cartacea siano prevalentemente associati alla produzione di carta e alla successiva fase di stampa, mentre quelli dell'e-book siano soprattutto riconducibili alla produzione dell'apparecchio elettronico e alla fase di lettura sul dispositivo stesso. I risultati del confronto tra le due diverse alternative (modalità cartacea e digitale) sono tuttavia contrastanti. Naicker e Cohen (2016) concludono che l'apprendimento digitale presenta prestazioni ambientali migliori rispetto all'uso di un libro cartaceo in 14 delle 18 categorie di impatto definite dal metodo di caratterizzazione *Recipe 1.09*. Enroth (2009) focalizza, invece, l'analisi sul solo cambiamento climatico raccomandando l'uso del cartaceo rispetto all'alternativo sistema digitale, poiché caratterizzato da impatti ambientali inferiori di circa dieci volte quando la lettura dell'e-book avviene su laptop. La sostanziale differenza tra i due studi è riconducibile ai seguenti motivi: i) differente peso del prodotto editoriale cartaceo (il libro di riferimento in Enroth (2009) pesa il 33% in meno); ii) riutilizzo del libro previsto per 5 anni nello studio di Enroth (2009), riuso che non è invece preso in considerazione nell'analisi di Naicker e Cohen (2016); iii) diverso contesto geografico di riferimento, che influenza il mix produttivo di energia utilizzata nella produzione della

carta e per l'alimentazione del dispositivo elettronico nella lettura digitale. Ciò conferma che l'analisi ambientale di prodotti di questo tipo va fatta tenendo conto di assunzioni e confini del sistema comuni. A tale scopo, ad esempio, nell'ambito delle certificazioni di prodotto (EPD®) si seguono delle regole di categoria (Product Category Rules, PCR) al fine di rendere possibile e veritiero il confronto tra prodotti simili.

Rispetto a quanto disponibile nella letteratura sul tema, il presente studio si focalizza su un differente contesto geografico (l'Italia) e il calcolo degli impatti ambientali è stato effettuato con un diverso metodo di caratterizzazione, l'*Environmental Footprint* (versione 3.0; Fazio et al., 2018), recentemente sviluppato dalla Commissione Europea, che ne raccomanda l'uso. Inoltre, a differenza degli studi precedenti che analizzano e confrontano gli impatti del solo libro cartaceo e del solo prodotto digitale, la presente analisi si focalizza sullo studio di un prodotto editoriale misto che prevede la coesistenza di una copia cartacea e di un-book multimediale. La scelta di analizzare questa tipologia di prodotto nasce dalla consapevolezza che, in Italia, la distribuzione di libri in sola copia cartacea è vietata dall'anno scolastico 2014/2015 (Decreto Ministeriale n.781 del 27/09/2013), mentre l'adozione dei libri scolastici in so-

la modalità digitale è oggi accolta da una stretta minoranza di docenti.

Particolare attenzione è stata dedicata al prodotto digitale (e-book) in quanto i carichi ambientali a esso associati sono influenzati dalle modalità d'uso da parte dell'utente, differenziandosi in questo fortemente dal prodotto cartaceo.

2. Materiali e metodi

La quantificazione degli impatti ambientali del libro scolastico misto è stata effettuata con la metodologia dell'analisi del ciclo di vita (*Life Cycle Assessment*, LCA) che ha consentito di prendere in esame l'intera filiera produttiva, distributiva e d'uso del prodotto scolastico misto di tipo b per il gruppo editoriale Zanichelli. Tale metodologia è stata applicata in accordo con i principi e i requisiti indicati dalla normativa tecnica attualmente in vigore, rappresentata dagli standard ISO 14040 e ISO 14044 (ISO 2006a, b) e con il supporto del software SimaPro 9.2.

In accordo con quanto riportato dalle suddette norme ISO, la struttura di una LCA è sintetizzabile in quattro fasi principali: la definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione, l'analisi di inventario, la valutazione degli impatti e l'interpretazione dei risultati.

L'applicazione di queste fasi nel caso studiato è descritta nei successivi paragrafi 2.1, 2.2, 2.3 e nel capitolo 3.

2.1. Descrizione del prodotto in analisi e obiettivi dello studio

Il presente studio si propone di valutare le prestazioni ambientali di un libro scolastico in modalità mista di tipo b, che il Decreto Ministeriale n.781 (27 Settembre 2013) definisce come “*un libro di testo in versione cartacea e digitale accompagnato da contenuti digitali integrativi*”.

Poiché i libri commercializzati dalla casa editrice sono molteplici, per poter condurre un'analisi semplificata, ma al contempo rappresentativa, il gruppo editoriale Zanichelli ha identificato un prodotto scolastico medio sulla base dei propri dati di vendita. Tale prodotto presenta le seguenti caratteristiche:

- volume cartaceo dal peso di 860 grammi con 400 pagine (200 fogli stampati fronte/retro) di grammatura pari a 70 g/m² e una copertina in carta plastificata (grammatura pari a 250 g/m²);
- e-book multimediale che contiene tutte le pagine del libro e, in aggiunta, esercizi interattivi, video e animazioni. Per il ciclo di vita dell'e-book, sono stati analizzati più scenari (descritti al paragrafo 2.2.3) per comprenderne la variazione dei carichi ambientali al variare delle modalità d'uso da parte dell'utente.

Lo studio LCA è stato svolto in accordo con i seguenti obiettivi:

- effettuare una prima valutazione dei carichi ambientali del libro scolastico medio Zanichelli, sia in termini di impatti complessivi che di contributi delle diverse fasi, per identificare i processi più critici all'interno della filiera;
- individuare i margini di miglioramento nella filiera e indirizzare quindi le strategie di sostenibilità ambientale del gruppo editoriale;
- valutare la variazione degli impatti ambientali della parte digitale del prodotto esaminato (e-book), all'aumentare del suo utilizzo. Quest'analisi è stata ritenuta utile per comprendere se sia ambientalmente sostenibile promuovere in futuro l'apprendimento in sola modalità digitale rispetto alla situazione attuale mista dell'editoria scolastica.

2.2. Definizione del campo di applicazione

2.2.1 Definizione dell'unità funzionale

Nel presente studio l'Unità Funzionale (UF) adottata è *l'apprendimento di una materia nelle scuole secondarie, per un anno scolastico, tramite un libro misto di tipo b, commercializzato dal gruppo editoriale Zanichelli*. In tale anno scolastico si suppone che l'utente consulti il libro, tra versione cartacea e digitale, per 60 ore/anno in accordo con le seguenti ipotesi:

- uno studente medio di scuola secondaria in Italia studia 2,5 h/giorno (sondaggio su 5.000 partecipanti nel 2018 disponibile al seguente sito: <https://www.ripetizioni.it/blog/quante-ore-studioano-gli-studenti/>; Skuola Network s.r.l., 2018), per 6 giorni alla settimana e per 35 settimane scolastiche. Il tempo complessivo di apprendimento è quindi di 525 ore/anno, ritenuto valido anche per la preparazione di un docente;
- il numero di libri consultati in un anno da un utente è pari a 9, calcolato come media pesata tra il numero medio di libri degli studenti (10 libri/pro-capite), che acquistano l'86% delle copie vendute, e il numero medio di libri dei docenti (2 libri/pro-capite), che entrano in possesso del rimanente 14% delle copie.

2.2.2. Definizione dei confini del sistema

La filiera editoriale Zanichelli prevede innanzitutto la creazione del prototipo del libro scolastico, che avviene digitalmente a partire dalle idee degli autori.

Una volta realizzato il prototipo, il ciclo di vita del libro cartaceo inizia all'interno della cartiera dove viene prodotta la carta patinata vergine e prosegue presso l'azienda grafica che si occupa della stampa e della legatura del libro. Il processo di stampa adottato è di tipo off-set, opportunamente ripartito tra stampa piana

(67% delle copie vendute nel 2019) e stampa rotativa (33%). La legatura è invece generalmente effettuata in brossura cucita.

Il prodotto editoriale finito viene consegnato alla casa editrice che lo stocca all'interno dei propri magazzini e da qui viene recapitato, attraverso appositi sistemi di logistica, ai distributori e ai clienti finali (studenti e docenti).

La logistica distributiva è legata alle attività peculiari del settore scolastico:

- fase di propaganda e adozione, effettuata nei mesi da gennaio a maggio, nella quale si presentano i testi ai docenti con lo scopo di ottenerne l'adozione per le proprie classi (queste copie date ai docenti prendono il nome di "copie saggio"). La logistica si incarica di spedire i volumi adottati dal magazzino centrale verso le filiali e le agenzie di propaganda regionali; da qui una rete di agenti consegna le copie presso i plessi scolastici con i propri veicoli;
- fase di vendita agli studenti, da maggio fino a ottobre, che prevede la rifornitura dei libri ai punti di distribuzione (Grande Distribuzione Organizzata – GDO, magazzini Amazon e singole librerie), presso i quali avviene il ritiro da parte del cliente o dai quali è effettuata la consegna a domicilio.

La copia cartacea viene quindi utilizzata dallo studente o dal docente e, al termine della vita utile, conferita nel rifiuto urbano.

Nella filiera del libro digitale è invece prevista la creazione dell'e-book, a partire dai file PDF e multimediali del prototipo e del relativo sito, lo stoccaggio su data center, il trasferimento del prodotto per via digitale dai data center all'utente e successivamente la sua consultazione tramite un dispositivo elettronico (secondo modalità offline dopo lo scaricamento oppure in modalità on-line).

La Figura 1 riporta i confini del sistema Zanichelli, che è stato modellizzato includendo tutte le fasi indicate eccetto quelle tratteggiate, ossia:

- la consegna del file digitale del prototipo all'ufficio produzione e alla divisione media digitali;
- la richiesta di elementi accessori usati durante la fase di studio sia sul cartaceo che sul digitale (luce, sedia, tavolo, evidenziatore, ...), che vengono utilizzati anche per altre funzioni o con impatto irrisorio;
- lo stoccaggio dell'e-book su data center (costruzione dell'infrastruttura, consumo di energia elettrica per lo stoccaggio e di acqua per il raffrescamento), escluso per la mancanza di dati sufficientemente rappresentativi.

Si sottolinea inoltre che nella modellizzazione dei processi di fine vita del libro cartaceo e di tutti i

rifiuti solidi generati lungo l'intera filiera è stato seguito l'approccio proposto dal Sistema Internazionale Environmental Product Declaration (EPD®) coerentemente con le relative *General Programme Instructions* (2019). L'analisi dei processi di fine vita è stata quindi impostata come segue:

- per la quota parte di libro/altri rifiuti destinati a riciclo a fine vita, alla filiera Zanichelli si associano solo gli impatti relativi alla raccolta del rifiuto e al suo conferimento al primo impianto di selezione; non vengono quindi inclusi né i carichi ambientali del processo di riciclo, né i benefici dello stesso, legati al risparmio di materie prime vergini e di energia, da associare alla filiera che utilizzerà la materia prima secondaria per un nuovo uso;
- per la quota parte di libro/altri rifiuti destinati a incenerimento a fine vita, si conteggiano nella filiera i carichi ambientali del processo di combustione, mentre sono esclusi i carichi e i benefici ambientali associati al recupero di energia elettrica e termica dalla combustione, così come quelli derivanti dall'eventuale recupero di materiali dai residui solidi (ad esempio la frazione minerale dalle scorie);
- i carichi ambientali della quota parte di libro/altri rifiuti destinati allo smaltimento in discarica sono tutti associati al sistema che li ha generati (filiera Zanichelli).

2.2.3. Scenario base analizzato e analisi di sensibilità

Il presente studio analizza le prestazioni del ciclo di vita di un libro medio scolastico Zanichelli. In relazione alla fase d'uso, si ipotizza che il libro venga visionato complessivamente per 60 ore/anno tra copia cartacea e digitale. Il ciclo di vita della copia cartacea prevede impatti fissi indipendenti dalle modalità di utilizzo dell'utente (è stato trascurato l'uso di luce, tavolo e altri elementi accessori); lo stesso non si può invece dire per l'apprendimento su digitale, per il quale l'impatto è influenzato dalla quantità di materiale digitale trasferita all'utente (in termini di Gigabyte) e dal numero di ore di apprendimento svolte su dispositivo elettronico (tablet o personal computer).

Nella situazione attuale, presa come riferimento per lo scenario base, l'apprendimento su digitale è un'opzione poco praticata, in quanto un utente medio Zanichelli consulta solo un ottavo del materiale caricato su data center (0,16 GB/anno/libro) dedicandovi il 5% del tempo complessivo di studio, ossia 3 ore/anno (ipotesi dello studio definite in accordo con il gruppo editoriale, dopo un'analisi dei dati primari sull'uso dell'e-book da parte degli utenti iscritti al sito Zanichelli).

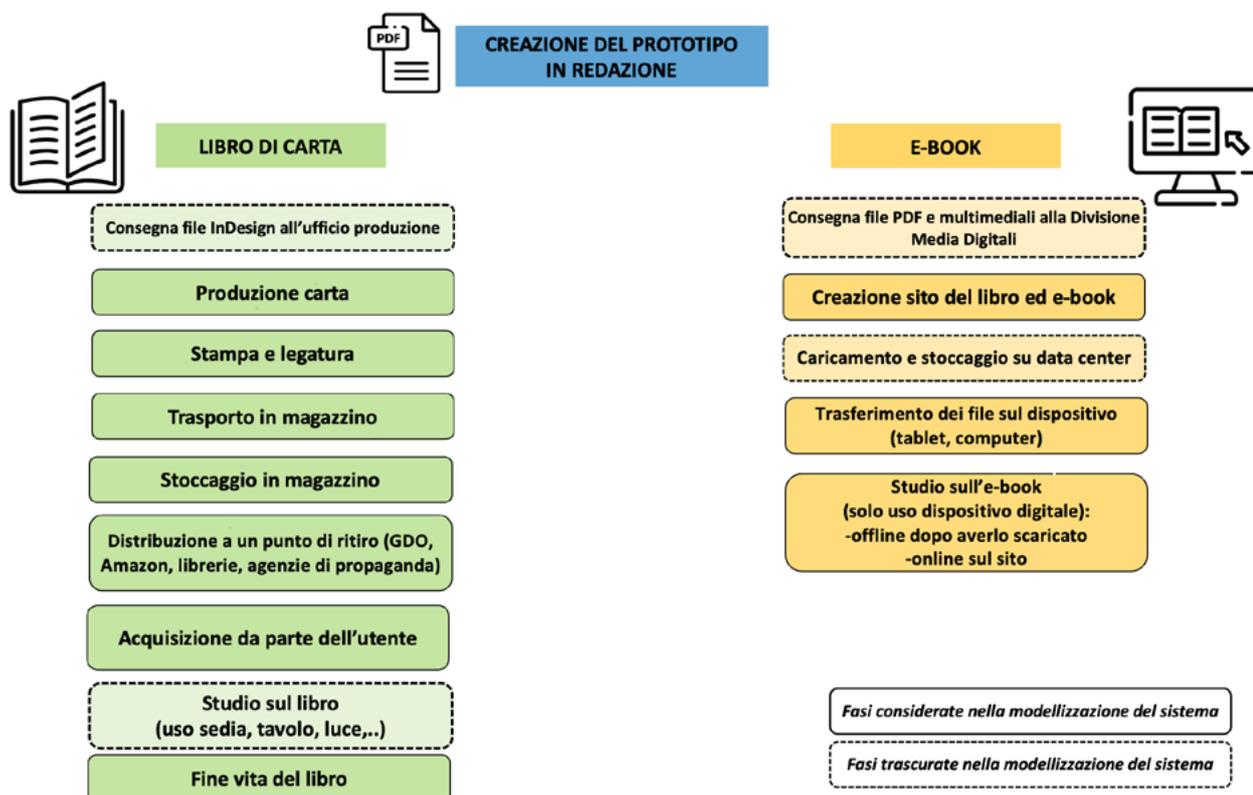


Figura 1. Confini del sistema per la filiera produttiva, distributiva e d'uso del libro ministeriale di tipo b del gruppo editoriale Zanichelli.

In un'analisi di sensibilità dedicata è stata analizzata la variazione degli impatti del libro Zanichelli misto di tipo b nel caso in cui l'opzione digitale venga sfruttata al massimo delle sue potenzialità, ossia l'utente preveda il trasferimento di tutto il materiale digitale (1,28 GB/anno/libro) studiando esclusivamente su dispositivo elettronico (60 ore/anno), pur avendo a disposizione una copia cartacea. Questo tipo di approccio ha consentito di valutare gli impatti minimi e massimi del libro misto di tipo b al variare delle condizioni di utilizzo dell'e-book.

Infine, nello studio è stato effettuato un confronto tra gli impatti ambientali del ciclo di vita del libro ministeriale di tipo b nello scenario d'uso attuale e quelli del ciclo di vita del libro ministeriale di tipo c, libro di testo in sola versione digitale accompagnato da contenuti

digitali integrativi (Decreto Ministeriale n. 781, 2013). Anche in questo confronto l'unità funzionale adottata risulta l'apprendimento di una materia su un libro scolastico per un anno (60 ore/anno) da parte di un utente. La Tabella 2 riassume i tre scenari descritti.

2.2.4. Indicatori ambientali analizzati

Per la valutazione, sono state considerate 15 categorie di impatto, così ripartite:

- otto categorie di impatto sull'ambiente naturale: Cambiamento Climatico (CC), Assottigliamento dello strato di Ozono (AO), Formazione di Ozono fotochimico (FO), Eutrofizzazione in acqua Dolce (ED), Eutrofizzazione Marina (EM), Eutrofizzazione Terrestre (ET), Acidificazione (A), ECotossicità delle acque dolci (EC);

Tabella 2. Scenari analizzati nello studio per il libro misto di tipo b e digitale di tipo c in relazione alle diverse modalità d'uso dell'e-book.

Scenario	Copia cartacea	Modalità d'uso del digitale	
		GB/anno/libro	Ore di studio
Libro misto di tipo b – scenario attuale	400 pagine; 860 grammi	0,16	3 h/anno (5% apprendimento)
Libro misto di tipo b – scenario di uso estremo digitale (sensibilità)	400 pagine; 860 grammi	1,28	60 h/anno (100% apprendimento)
Libro digitale di tipo c	Non presente	1,28	60 h/anno (100% apprendimento)

- tre categorie di impatto sulla salute umana: Assunzione di materiale Particolato (AP), Tossicità Umana Non Cancerogena (TU_{NC}) e Tossicità Umana Cancerogena (TU_C);
- quattro categorie di impatto sull'esaurimento di risorse: Consumo di Suolo (CS), Consumo di risorse idriche (CA), Consumo di Risorse Energetiche non rinnovabili (CR_E) e Consumo di Risorse, Minerali e Metalli (CR_M).

Gli indicatori associati a queste categorie di impatto e i relativi modelli di caratterizzazione utilizzati per il loro calcolo sono quelli proposti nel metodo *Environmental Footprint* (EF), versione 3.0 recentemente sviluppato per la Commissione Europea dal Joint Research Centre (Fazio et al., 2018).

2.3. Analisi di inventario

Nei paragrafi che seguono si riportano i dati di inventario associati alle principali fasi coinvolte nel sistema. La filiera Zanichelli in analisi (in termini tecnici definita come *foreground system*) è stata prevalentemente descritta con dati primari raccolti presso le tre case editrici del gruppo (Zanichelli, Istituto Italiano Edizioni Atlas e Loescher Editore) nell'anno 2019, considerando le rispettive percentuali di mercato. Laddove non fosse disponibili informazioni dirette, sono stati consultati studi di letteratura recenti e relativi al contesto italiano ed europeo. I processi di *background* (produzione di energia elettrica, produzione degli imballaggi, ...) sono stati modellizzati invece in accordo con specifici dataset della banca dati LCA internazionale ecoinvent (versione 3.7.1). La scelta dei dataset è stata effettuata considerando, in ordine di priorità, il contesto geografico italiano/europeo/svizzero/mondiale.

2.3.1. Creazione del prototipo

Per la creazione del prototipo in redazione sono stati considerati il consumo di elettricità (0,41 Wh/libro) e il consumo di carta (4,3 grammi/libro), in accordo con i dati primari riferiti alle redazioni delle tre case editrici del gruppo Zanichelli (consumo annuale complessivo di carta/elettricità associato al dipartimento *redazione* delle tre case editrici diviso per il numero di copie vendute di prototipi realizzati dallo stesso dipartimento).

In relazione alla richiesta di energia elettrica, si segnala che il consumo è sovrastimato poiché include non solo il consumo elettrico dei computer e dei dispositivi accessori necessari per l'effettiva elaborazione del prototipo, ma anche i consumi energetici associati alla manodopera (consumo di aria condizionata, di luce, ecc.), solitamente non inclusi in un'analisi LCA di prodotto. Non è stato tuttavia possibile effettuare una separazione di tale contributo.

Per quanto concerne il consumo di carta, è stata inclusa la produzione di carta da stampa d'ufficio vergine, la fase di stampa delle bozze tramite stampante laser e il fine vita dei fogli dopo l'uso secondo le modalità tipiche di gestione degli imballaggi cellulose nel contesto medio italiano (87,3% riciclo, 7,5% recupero energetico e 5,2% discarica; Comieco, 2021).

2.3.2. Ciclo di vita del libro cartaceo

Realizzazione del libro cartaceo

La realizzazione del libro cartaceo prevede innanzitutto una prima fase di produzione della carta per le pagine interne e per la copertina e successivamente una fase di stampa (piana nel 67% dei casi e rotativa nel rimanente 33%) che si conclude con la legatura del prodotto.

La modellizzazione delle due fasi è avvenuta con dati di inventario primari (Tabella 3), raccolti presso due aziende grafiche (una per la stampa piana e una per la rotativa). Tali aziende rappresentano il 35% delle copie complessivamente stampate da Zanichelli nel 2019.

In relazione alla produzione di carta, un libro cartaceo medio Zanichelli a uso scolastico richiede mediamente 1,02 kg di carta (Tabella 3), valore inclusivo degli scarti del processo di stampa e legatura e della carta necessaria per la copertina. La carta richiesta è di tipologia patinata, vergine in quanto la carta riciclata presenta delle problematiche a livello cromatico, non consentendo di ottenere una visione ottimale delle immagini.

Non essendo stato possibile acquisire informazioni dirette dalle cartiere fornitrici del gruppo Zanichelli, il processo produttivo della carta indicata è stato modellizzato in accordo con dati di letteratura relativi a una cartiera non integrata media europea (Suhr et al., 2015).

Trasporto del libro al magazzino e relativo stoccaggio

Elaborando i dati primari delle tre case editrici, la distanza media di trasporto del prodotto editoriale dalla stamperia/legatoria al magazzino risulta di 115 km. Il 17% dei chilometri è stato percorso con mezzi di piccola taglia (di capacità 3.5-7.5t), trattandosi di viaggi di percorrenza inferiore ai 20 km, mentre il rimanente 83% con autocarri di grandi dimensioni (capacità superiore a 32t). Il mix Euro adottato per i mezzi indicati è quello medio nazionale riportato da Automobile Club D'Italia per l'anno 2019 (ACI, 2020).

Per la successiva fase di stoccaggio in magazzino, sono stati acquisiti dati primari dai due magazzini centrali del gruppo editoriale. In accordo con le informazioni acquisite, il processo comporta i seguenti carichi ambientali calcolati rapportando i consumi complessivi

Tabella 3. Dati di inventario associati alla produzione di 1 kg di libro cartaceo finito per il processo di stampa piana e per quello di stampa rotativa, in accordo con le informazioni acquisite da due aziende grafiche. La terza colonna in tabella riporta il valore adottato nello studio per la produzione di 1 libro Zanichelli (860 grammi).

Consumo di materiali	Valori per 1 kg di libro rilegato		Valori per libro medio Zanichelli (860 g)
	Piana (67%)	Rotativa (33%)	
Carta patinata vergine (pagine + copertina) *	1,22 kg 414 km su strada**	1,13 kg 1249 km su strada	1,02 kg 689 km su strada
Inchiostro	6,23 g 300 km su strada***	2,49 g 720 km su strada	4,30 g 439 km su strada
Solventi lavaggio (a base di idrocarburi)	1,24 g 300 km su strada	0,25 g 250 km su strada	0,79 g 284 km su strada
Vernice acrilica	2,74 g 300 km su strada	Non previsto	1,58 g 201 km su strada
Silicone (polidimetilsilossano)	Non previsto	0,31 g 600 km su strada	0,10 g 198 km su strada
Lastre di alluminio vergine	11,2 g 100 km su strada 10.000 km via nave	0,28 g 100 km su strada 10.000 km via nave	6,53 g 100 km su strada 10.000 km via nave
Filo (70% poliestere e 30% cotone)	148,07 mg 825 km su strada	15,37 mg 100 km su strada	89,68 586 km su strada
Colla (etilene vinil acetato)	3,04 g 1290 km su strada	Non previsto	1,75 g 864 km su strada
Consumi energetici ed idrici	Piana (67%)	Rotativa (33%)	Valori per libro medio Zanichelli (860 g)
Elettricità	540,78 Wh (21% da impianto fotovoltaico proprietario, 79% da rete)	37,93 Wh (100% da rete)	322,36 Wh (20% impianto fotovoltaico proprietario, 80% da rete)
Gas metano	Non previsto	3,93 litri	1,12 litri
Acqua da pozzo	0,59 litri	1,96 litri	0,90 litri
Rifiuti	Piana (67%)	Rotativa (33%)	Valori per libro medio Zanichelli (860 g)
Imballaggi e rifiuti assimilabili a urbani	251,11 g – riciclo 1,48 g – incenerimento	142,41 g – riciclo 0,23 g – incenerimento	185,11 g – riciclo 0,92 g – incenerimento
Scarti di inchiostro non pericolosi	1,20 g – incenerimento	Non previsto	0,69 g – incenerimento
Rifiuti pericolosi (scarti di inchiostro e solventi)	4,83 g – incenerimento	1,06 g – incenerimento	3,08 g – incenerimento
Acque reflue	0,59 litri	1,30 litri	0,71 litri

* La copertina è plastificata per mezzo di un film in polipropilene bi-orientato dal peso irrisorio (2,5 g/copertina).
** L'approvvigionamento di carta si ipotizza avvenga con autocarri di medie dimensioni (16-32 t), secondo il mix Euro nazionale dell'anno 2019 (fornito da Automobile Club d'Italia, 2020).
*** Il trasporto dell'inchiostro e di tutti gli altri materiali si ipotizza avvenire con un veicolo commerciale leggero.

sivi annuali del magazzino al numero di copie di testi scolastici distribuiti dallo stesso magazzino nel medesimo anno (valori medi dei due stabilimenti):

- un consumo di energia elettrica dalla rete nazionale pari a 36 Wh/libro;
- la produzione e l'approvvigionamento di imballaggi in cartone (scatole, carton-pallet e pacchi) in quantità pari a 7,6 grammi/libro. Tali imballaggi in cartone sono depositati su bancali di legno, il cui peso allocato al singolo libro è trascurabile (1,1 g/libro) in quanto il calcolo tiene conto del fatto che i bancali sono riutilizzati mediamente per 20 volte (Conai, 2017);

- la generazione di rifiuti assimilabili agli urbani, rappresentati da rifiuti in carta (44 g/libro), imballaggi in legno (0,9 g/libro) e imballaggi in materiale misto (3,7 g/libro). Tali rifiuti sono tutti inviati a un vicino impianto di riciclo (entro i 30 km), eccetto per gli imballaggi in materiale misto il cui destino finale è l'incenerimento (46 km).

Distribuzione al cliente finale

La distribuzione del libro al cliente finale si ripartisce tra la fase di propaganda ai docenti, effettuata per il 14% delle copie, e la fase di vendita, svolta per l'86%

delle copie, quelle destinate agli studenti. In entrambe le modalità di distribuzione è previsto un primo trasporto dei libri con mezzi pesanti dal magazzino centrale ai punti di ritiro che, nel caso della propaganda sono le filiali e le agenzie regionali, mentre nel caso della vendita i singoli punti della GDO, i magazzini Amazon e le librerie.

Successivamente è prevista la consegna all'utente o un suo ritiro. Nella propaganda, le copie saggio sono distribuite tramite un giro di consegna degli agenti con auto presso i singoli plessi scolastici. Per gli studenti è previsto invece il ritiro presso le librerie e i punti vendita della GDO oppure la consegna a domicilio tramite corrieri Amazon.

Tutte le fasi di trasporto in elenco sono state modellizzate con dati di percorrenza primari delle tre case editrici (Tabella 4). La sola eccezione è rappresentata dalla fase di ritiro/consegna del libro allo studente, per cui è stato consultato il recente studio del Politecnico di Milano sulla sostenibilità nell'e-commerce (2019) in Italia, che fornisce dati medi in merito alle modalità di acquisto offline e online per alcuni prodotti inclusi quelli editoriali (Tabella 4).

Fine vita del libro cartaceo

Dopo la fase d'uso del libro (esclusa dai confini del sistema) è stato modellizzato il suo conferimento nella raccolta domestica del rifiuto e il successivo trattamento coerentemente con l'attuale modalità di gestione dei rifiuti da imballaggio cellulose in Italia (Comieco, 2021): 87,3% riciclo, 7,5% recupero di energia e 5,2% smaltimento in discarica. Nell'analisi non è stato valutato il caso in cui il prodotto venga riutilizzato da un altro utente prima di essere inviato a fine vita.

2.3.3. Ciclo di vita dell'e-book

Produzione dell'e-book e del relativo sito

La fase di produzione di un libro digitale consiste nella creazione dell'e-book e del relativo sito a partire dai file PDF e dai contenuti multimediali forniti dalla redazione. Per tale fase è stato conteggiato il consumo di energia elettrica (11 Wh/libro) richiesto dal dipartimento competente della casa editrice Zanichelli.

Trasferimento del materiale digitale all'utente

Il gruppo Zanichelli ha costruito la sua struttura digitale completamente in cloud, appoggiandosi a data center in Irlanda e in Germania. Il dato di consumo elettrico adottato per il trasferimento del materiale dai data center all'utente deriva da uno studio di letteratura (Malmodin et al., 2014), riferito al contesto svedese e utilizzato per la valutazione degli impatti ambientali del libro digitale anche in altri lavori sul tema (ad esempio Achachlouei et al., 2015). Come visibile in Tabella 5, tale studio fornisce il consumo elettrico per Gigabyte (GB) trasferito (1,48 kWh/GB), suddiviso tra: richiamo dati dai data center, trasporto su scala geografica, trasporto via rete di accesso e funzionamento delle apparecchiature presso l'utente (modem e router). A ciascuna fase in elenco è stato associato uno specifico mix elettrico sulla base della localizzazione geografica dei data center (50% in Irlanda e 50% in Germania) e dell'utente (Italia).

In accordo con tali consumi specifici, lo scenario base, che prevede il trasferimento di 0,16 GB/anno/libro (Tabella 2), comporta un consumo annuale complessivo di trasferimento di 240 Wh/anno/libro, mentre lo scenario di sensibilità e di solo uso del digitale comportano un consumo di 1,89 kWh/anno/libro (trasferimento di 1,28 GB).

Tabella 4. Percorrenza media e modalità di trasporto per le singole fasi coinvolte nella distribuzione del libro scolastico Zanichelli in fase di propaganda e di vendita.

	Trasporto magazzino – punto di ritiro	Trasporto punto di ritiro-utente
Distribuzione al docente (14%)	Distanza magazzino – filiali/agenzie regionali: 527 km Mezzi: autocarri > 32t, mix Euro nazionale (ACI, 2020)	Distanza giro di consegna agenti: 2,65 km/libro Mezzi: automobile. Agenti interni Zanichelli (51% dei viaggi): 9% auto ibrida e 91% auto diesel Euro 5; Agenti esterni: mix veicolare non noto, assunto quello di riferimento nazionale (ACI, 2020)
Distribuzione allo studente (86%)	Distanza magazzino – punti di consegna (punti vendita GDO, magazzini Amazon, librerie): 497 km Mezzi: autocarri > 32t, mix Euro nazionale (ACI, 2020)	Librerie (49%): viaggio di 6 km (complessivo di andata e ritorno), per l'acquisto di 5 libri scolastici (metà dei libri di uno studente per un anno scolastico). L'85% degli utenti effettua un viaggio con automobile secondo il mix veicolare nazionale, il 15% a piedi (The International EPD® System, 2017) GDO (30%): stesse ipotesi del ritiro in libreria ma in questo caso il viaggio è allocato su 2 funzioni (fare la spesa e ritirare i libri) Amazon: consegna tramite furgoncino, per una percorrenza di 2,6 km/ordine

Tabella 5. Consumo specifico di energia elettrica per la fase di trasferimento del materiale dai data center all'utente (Malmodin et al., 2014) e indicazione del mix elettrico adottato nelle diverse fasi coinvolte.

Fase analizzata	Consumo specifico (kWh/GB)	Mix elettrico
Richiamo dati dal data center	1	50% mix medio Germania, 25% mix medio Irlanda, 25% impianto eolico in Irlanda*
Rete di trasporto	0,1	Mix medio Europa
Rete di accesso	0,08	Mix medio Italia
Apparecchiature utente (router e modem)	0,3	

* Il fornitore del servizio afferma che 50% dell'energia richiesta dal proprio data center in Irlanda è prodotta tramite un impianto eolico proprietario.

Apprendimento sull'e-book

In accordo con i dati primari acquisiti, l'apprendimento di un utente medio Zanichelli avviene per il 61% dei casi tramite tablet e nel rimanente 39% attraverso Personal Computer (PC). L'uso del PC è stato ripartito tra laptop (27%) e computer fisso (12%), in accordo con dati nazionali relativi alla presenza di tali dispositivi nelle case degli italiani (Il Sole 24 Ore, 2018).

Come visibile in Figura 2, per modellizzare l'impatto di questa fase è stato innanzitutto valutato, tramite amperometro, il consumo medio orario di elettricità del dispositivo elettronico che risulta di 17 Wh (media pesata sulle tre tipologie). Di conseguenza lo scenario base prevede un consumo elettrico per l'apprendimento di 51 Wh/anno (3 ore/anno di studio su dispositivo elettronico; Tabella 2), mentre nello scenario di sensibilità e di solo uso del digitale il consumo è di 1 kWh/anno (60 ore/anno di studio).

È stata poi inclusa la fase di produzione dell'apparecchio, considerando che il dispositivo, nell'arco della sua vita utile, non viene acquistato solamente per l'apprendimento scolastico, ma anche per altre funzioni. In particolare, la formula adottata per il calcolo

del carico ambientale di ciascun dispositivo per la sola funzione di studio è la seguente [1]:

$$\text{Impatto allocato} = \text{Impatto totale} \times \left[\frac{\text{Ore annuali di apprendimento su libro scolastico di tipo } b}{\text{Vita utile dispositivo} \times 365 \frac{\text{giorni}}{\text{anno}} \times 24 \frac{\text{ore}}{\text{giorno}}} \right] \quad [1]$$

Nell'applicazione di tale formula sono state utilizzate le statistiche 2021 relative alla vita utile di ciascun dispositivo elettronico fornite da un portale web tedesco (Statista, 2021 a,b,c). I dati di inventario associati alla produzione di ciascun dispositivo (estrazione delle materie prime, relativa lavorazione e assemblaggio) e al suo trasporto in Italia sono derivati dalla banca datiecoinvent, facendo riferimento alla versione 3.8 che ha previsto un significativo aggiornamento dei dataset relativi alla produzione dei prodotti elettronici (Moreno et al., 2021).

3. Risultati e discussione

I risultati dell'analisi sono riportati in Tabella 6 sia per i due scenari associati al libro misto Zanichelli di tipo b (scenario base e di sensibilità) che per il libro in

	61% Tablet	27% Laptop	12% PC desktop
Consumo orario	7 Wh	19 Wh	60 Wh
Ore studio	3-60 h/anno	3-60 h/anno	3-60 h/anno
Vita attuale	6 anni	4 anni	6 anni
Fattore allocazione studio	0,01%-0,11%	0,01%-0,17%	0,01%-0,11%

Figura 2. Caratteristiche del dispositivo elettronico utilizzato per l'apprendimento su un e-book scolastico in termini di consumi elettrici e di vita utile. Le ore di studio sul dispositivo sono pari a 3 ore/anno per lo scenario base (situazione attuale) e a 60 ore/anno per lo scenario di sensibilità e di solo uso del digitale. Nota: il fattore di allocazione rappresenta la percentuale di utilizzo del dispositivo elettronico per l'apprendimento di una materia scolastica in un anno rispetto all'intera vita del dispositivo stesso ed è calcolato come: (ore annuali di apprendimento su libro) / (vita utile dispositivo × 365 giorni/anno × 24 ore/giorno) come già indicato nella formula [1].

sola modalità digitale – tipo c. Gli impatti degli ultimi due scenari sono stati confrontati in termini di variazione percentuale con lo scenario base che descrive la situazione attuale d'uso del prodotto Zanichelli. In tale confronto, variazioni di impatto inferiori al 10% sono state ritenute non significative per tenere conto di possibili incertezze legate alla modellizzazione del sistema di riferimento.

3.1. Risultati scenario base (situazione attuale)

La Figura 3 riporta l'analisi dei contributi per il libro misto di tipo b (copia cartacea più e-book) nelle condizioni d'uso attuali.

Dal grafico emerge innanzitutto che gli impatti ambientali del prodotto misto sono dominati dal ciclo di vita del libro cartaceo, con un contributo percentuale all'impatto totale superiore al 78% in tutte le categorie analizzate.

In particolare, si segnala un contributo compreso tra il 37% (categoria di impatto *assottigliamento dello strato di ozono* – AO) e il 95% (categoria di impatto *consumo di suolo* – CS) dell'impatto complessivo del libro misto associato alla fase di produzione della carta, la cui richiesta si attesta intorno a 1 kg per copia cartacea (valore inclusivo degli scarti del processo

di stampa e di legatura, oltre che della richiesta per la copertina). Al momento il libro scolastico necessita di carta patinata, 100% vergine, realizzata tramite un processo produttivo che, secondo i dati medi europei (Suhr et al., 2015), è impattante principalmente per i consumi energetici (2,9 kWh/libro), per il consumo di reagenti chimici (0,6 kg/libro) e per la richiesta di materia prima legnosa (questo ultimo aspetto solo per l'indicatore *consumo di suolo* – CS).

Per quattro categorie di impatto (*assottigliamento dello strato di ozono* – AO, *formazione di ozono fotochimico* – FO e *tossicità umana cancerogena* – TU_C e *non cancerogena* – TU_{NC}), si rileva anche un contributo superiore al 20% del carico ambientale del libro misto associato al processo di stampa e di legatura della copia cartacea per i seguenti motivi:

- consumo di silicone (polidimetilsilossano), richiesto nel processo di stampa rotativa (categoria di impatto AO);
- fase di approvvigionamento della carta, reperita a circa 700 km di distanza (categoria di impatto FO);
- produzione delle lastre di stampa realizzate in alluminio primario (categorie di impatto TU_C e TU_{NC}).

Anche il carico ambientale della fase di distribuzione fisica della copia cartacea merita considerazione nella categoria di impatto *consumo di risorse, mine-*

Tabella 6. Impatti ambientali dei due scenari (base e di sensibilità) associati al libro misto Zanichelli di tipo b e dello scenario del libro in sola modalità digitale tipo c. La tabella riporta anche la variazione di impatto tra lo scenario di sensibilità (s) e di solo digitale (d) rispetto allo scenario base calcolata come: (IMPATTO scenario s/d – IMPATTO scenario base) / IMPATTO scenario base) * 100. Variazioni di impatto inferiori al 10% sono ritenute non significative.

Categoria di impatto	Unità di misura	IMPATTI LIBRO b		IMPATTI LIBRO c
		Scenario base (attuale)	Scenario sensibilità (uso estremo digitale)	
CC*	kg CO ₂ eq.	2,23	3,55 (+59%)	1,64 (-26%)
AO	kg CFC-11 eq.	4,17×10 ⁻⁷	5,33×10 ⁻⁷ (+28%)	1,51×10 ⁻⁷ (-64%)
FO	kg COVNM eq.	7,77×10 ⁻³	1,06×10 ⁻² (+36%)	3,50×10 ⁻³ (-55%)
AP	Incidenza di malattia	1,39×10 ⁻⁷	1,66×10 ⁻⁷ (+19%)	3,28×10 ⁻⁸ (-76%)
TU_{NC}	CTUh	2,69×10 ⁻⁸	4,92×10 ⁻⁸ (+82%)	2,52×10 ⁻⁸ (-6%)
TU_C	CTUh	1,48×10 ⁻⁹	2,05×10 ⁻⁹ (+39%)	6,86×10 ⁻¹⁰ (-54%)
A	moli H ⁺ eq.	0,01	0,02 (+46%)	6,72×10 ⁻³ (-43%)
ED	kg P eq.	6,90×10 ⁻⁴	1,57×10 ⁻³ (+127%)	1,02×10 ⁻³ (+49%)
EM	kg N eq.	3,24×10 ⁻³	4,48×10 ⁻³ (+38%)	1,48×10 ⁻³ (-54%)
ET	moli N eq.	0,03	0,04 (+34%)	1,30×10 ⁻² (-58%)
EC	CTUe	45,86	70,00 (+53%)	28,34 (-38%)
CS	Pt	143,35	147,78 (+3%)	6,13 (-96%)
CA	m ³ acqua	2,31	2,71 (+17%)	5,33×10 ⁻¹ (-77%)
CR _E	MJ	31,54	50,16 (+59%)	23,31 (-26%)
CR _M	kg Sb eq.	1,98×10 ⁻⁵	6,51×10 ⁻⁵ (+229%)	4,96×10 ⁻⁵ (+150%)

* CC=cambiamento climatico; AO=assottigliamento dello strato di ozono; FO=formazione di ozono fotochimico;

AP=assunzione di materiale particolato; TU=tossicità umana; A=acidificazione; ED=eutrofizzazione in acqua dolce;

EM=eutrofizzazione marina; ET=eutrofizzazione terrestre; EC=ecotossicità delle acque dolci; CS=consumo di suolo;

CA=consumo di risorse idriche; CR_E=consumo di risorse energetiche non rinnovabili; CR_M=consumo di risorse, minerali e metalli.

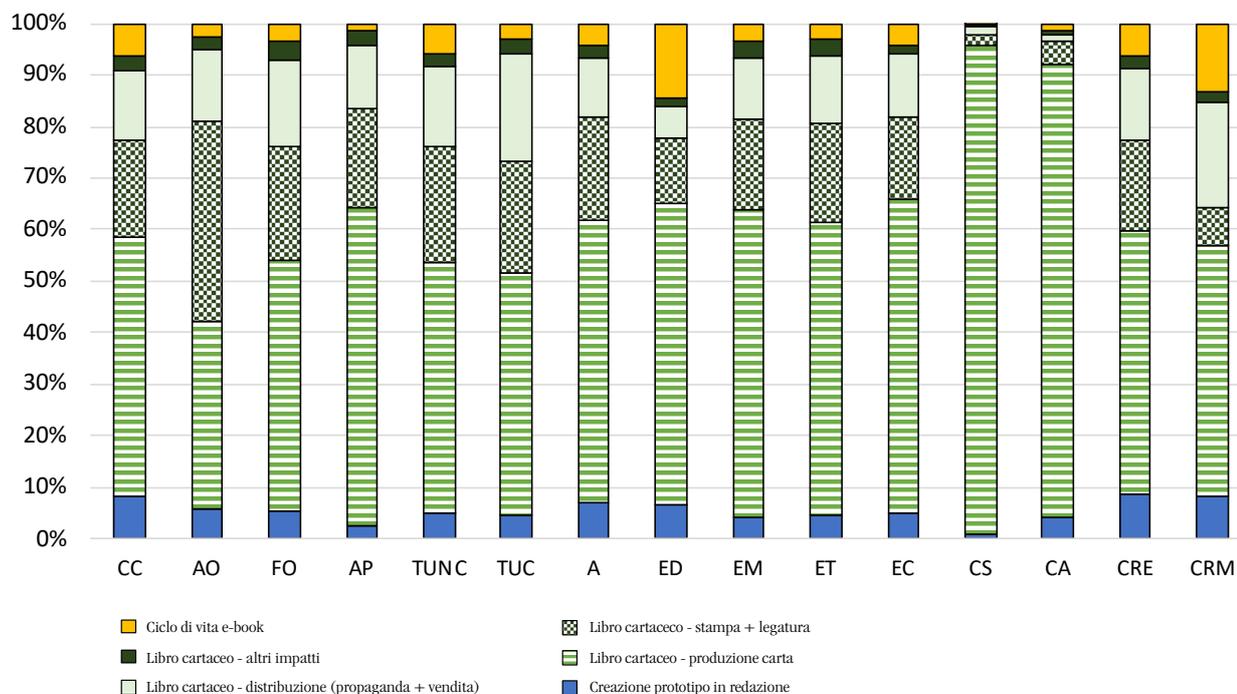


Figura 3. Analisi dei contributi delle principali fasi del ciclo di vita di un libro misto di tipo b Zanichelli in accordo con le attuali modalità d'uso (scenario base). Legenda: CC=cambiamento climatico; AO=assottigliamento dello strato di ozono; FO=formazione di ozono fotochimico; AP=assunzione di particolato; TU_{NC} =tossicità umana non cancerogena; TU_C =tossicità umana cancerogena; A=acidificazione; ED=eutrofizzazione in acqua dolce; EM=eutrofizzazione marina; ET=eutrofizzazione terrestre; EC=ecotossicità acquatica; CS=consumo di suolo; CA=consumo di risorse idriche; CR_E =consumo di risorse energetiche non rinnovabili; CR_M =consumo di risorse, minerali e metalli. Tale legenda è valida anche per le Figure 4 e 5.

rali e metalli (contributo del 20,5% rispetto all'impatto totale del libro misto).

Contrariamente a quanto detto sopra per la copia cartacea, il ciclo di vita dell'e-book, a causa dello scarso utilizzo, comporta un carico ambientale ridotto, superiore al 10% solo nelle categorie *eutrofizzazione in acqua dolce* (ED) e *consumo di risorse, minerali e metalli* (CR_M). Un discorso simile vale per la fase di creazione del prototipo in redazione che presenta un contributo massimo dell'8,6% nella categoria di impatto *consumo di risorse energetiche non rinnovabili*.

Accertato l'impatto significativo della copia cartacea, è bene sottolineare che gli impatti del libro misto di tipo b potrebbero ridursi nel caso in cui il libro di testo venga utilizzato da più utenti prima di essere gettato. Tale pratica, seppur non sempre praticabile per tutti i prodotti editoriali scolastici a causa del frequente cambio di versione, risulta diffusa soprattutto tra gli studenti delle scuole secondarie di secondo grado.

Nel caso di uso tra più utenti, l'analisi del ciclo di vita del prodotto si modificherebbe in quanto da un lato occorrerebbe aggiungere i carichi ambientali legati alla consegna del libro al nuovo utente, di entità verosimilmente ridotta, ma dall'altro si conteggerebbero i benefici per la ripartizione degli impatti del ciclo di vita della copia cartacea su più utilizzatori.

3.2. Risultati scenario di sensibilità (uso estremo del digitale)

L'uso dell'e-book associato al libro di testo medio Zanichelli al momento risulta ridotto al minimo e di conseguenza anche i carichi ambientali del suo ciclo di vita sono contenuti (Figura 3). È bene sottolineare, tuttavia, che gli impatti del prodotto digitale si possono suddividere in tre macro-fasi, di cui due strettamente dipendenti dalle modalità d'uso dell'utente:

- impatti legati alla fase di produzione dell'e-book e del relativo sito (impatti fissi);
- impatti legati al trasferimento dei contenuti digitali, dipendenti dalla quantità di Gigabyte effettivamente trasferita;
- impatti legati alla fase di apprendimento su digitale, dipendenti dalle ore di apprendimento annuali effettuate dall'utente su dispositivo elettronico e dal tipo di dispositivo adottato.

In accordo con tali presupposti, nell'analisi di sensibilità è stata valutata la variazione degli impatti ambientali del libro misto di tipo b nel caso di massimo sfruttamento del digitale da parte dell'utente, considerando quindi lo scaricamento di tutto l'e-book (1,28 GB/anno) e l'apprendimento sul solo materiale digitale, per 60 ore/anno, nonostante la presenza della copia cartacea (Tabella 2).

Dal confronto tra i due scenari, base e di sensibilità

(Tabella 6), emerge chiaramente che le modalità d'uso del digitale influenzano significativamente le prestazioni ambientali del libro misto di tipo b, soprattutto nelle categorie di impatto *cambiamento climatico* (CC), *tossicità umana non cancerogena* (TU_{NC}), *eutrofizzazione in acqua dolce* (ED), *ecotossicità acquatica* (EC), *consumo di risorse energetiche non rinnovabili* (CR_E) e *consumo di risorse, minerali e metalli* (CR_M). In tali categorie, l'uso estremo del digitale comporterebbe un aumento complessivo degli impatti del libro di tipo b rispetto allo scenario base superiore al 50%, aumento che raggiungerebbe il 127% nella categoria di impatto di *eutrofizzazione in acqua dolce* e il 229% nella *categoria consumo di risorse, minerali e metalli*. Dall'analisi dei contributi dello scenario di sensibilità (Figura 4) emerge che il ciclo di vita dell'e-book, nelle condizioni di massimo sfruttamento del digitale, supererebbe il 40% dell'impatto del libro misto di tipo b in cinque categorie di impatto a causa delle seguenti motivazioni:

- categorie CC/ED e CR_E : impatti del digitale principalmente associati al consumo di elettricità per il trasferimento del file dai data center e per la successiva consultazione su dispositivo elettronico;
- TU_{NC} e CR_M : impatti del digitale prevalentemente legati alla produzione del dispositivo elettronico, in particolare alla produzione dello schermo a cristalli liquidi (TU_{NC}) e dei circuiti stampati (CR_M). Si specifica che questo risultato si ottiene nonostante i carichi ambientali del dispositivo elettronico siano stati allocati su più funzioni e non esclusivamente alla fase di apprendimento. In dettaglio per la categoria *consumo di risorse, minerali e metalli*, il 63% dell'impatto del prodotto editoriale sarebbe associato alla realizzazione del dispositivo elettronico, prioritariamente per la presenza di oro, il metallo con il più alto fattore

di caratterizzazione in tale categoria di impatto (52 kg Sb/kg oro estratto; Fazio et al., 2018).

3.3. Confronto scenario libro misto di tipo b – libro digitale tipo c

Una volta acquisita la consapevolezza degli impatti del digitale, di entità non trascurabile, è stato effettuato un confronto (Tabella 6 e Figura 5) tra il ciclo di vita del libro misto di tipo b nello scenario base e il libro ministeriale di tipo c, in sola versione digitale (scaricamento di tutto l'e-book e consultazione per 60 ore/anno). Questa analisi è stata considerata funzionale a comprendere se possa essere ambientalmente giustificabile in un futuro prossimo la transizione diffusa verso il libro di testo digitale, promuovendo la relativa formazione e sensibilizzazione del corpo docente. Come visibile in Tabella 6, gli impatti generati dal libro in sola modalità digitale sono minori di quelli determinati dal libro misto b (scenario base) in 12 su 15 categorie, con riduzioni d'impatto comprese tra il -26% (categorie *cambiamento climatico* e *consumo di risorse energetiche non rinnovabili*) e il -96% (categoria *consumo di suolo*). Nella sola categoria di impatto *tossicità umana non cancerogena* (TU_{NC}) gli impatti dei due libri sono confrontabili, mentre in due categorie di impatto (*eutrofizzazione in acqua dolce* e *consumo di risorse, minerali e metalli*) il libro ministeriale di tipo c presenta prestazioni significativamente peggiori (+49% e 150%, rispettivamente).

Prendendo a titolo di esempio la categoria di *cambiamento climatico*, in accordo con i dati ottenuti, l'apprendimento su solo libro digitale consentirebbe, rispetto alla situazione attuale, una riduzione delle emissioni di CO₂ equivalente a livello nazionale pari a circa 26.000 tonnellate/anno. Il dato è stato calcolato assumendo una riduzione di impatto di 590 grammi CO₂ eq/libro tra lo scenario attuale d'uso del libro misto e lo scenario di solo

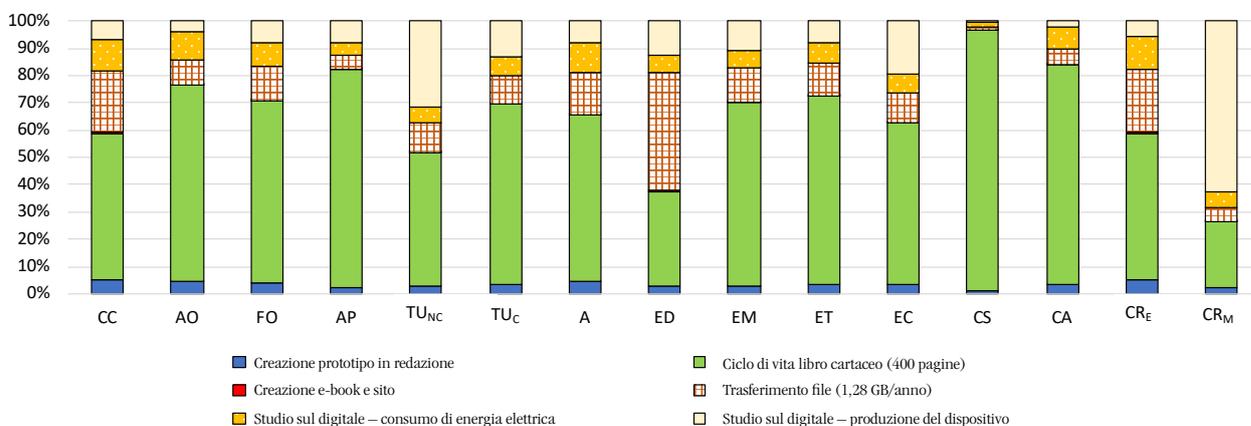


Figura 4. Analisi dei contributi delle principali fasi del ciclo di vita di un libro misto di tipo b Zanichelli in accordo con lo scenario di sensibilità (uso estremo del digitale).

Tabella 7. Impatti ambientali dello scenario base associato al libro misto di tipo b (visione online/scaricamento di un ottavo dell'e-book e apprendimento su digitale per il 5% del tempo) e dello scenario del libro in sola modalità digitale (tipo c) per 120 ore/anno di apprendimento di una materia. La tabella riporta la variazione di impatto tra lo scenario base e lo scenario di sola modalità digitale calcolata come: (IMPATTO scenario digitale - IMPATTO scenario base) / IMPATTO scenario base * 100. Variazioni di impatto inferiori al 10% sono ritenute non significative.

Categoria di impatto	Unità di misura	IMPATTO LIBRO b	IMPATTO LIBRO c
CC*	kg CO ₂ eq.	2,26	2,30 (+2%)
AO	kg CFC-11 eq.	4,21×10 ⁻⁷	2,28×10 ⁻⁷ (-46%)
FO	kg COVNM eq.	7,86×10 ⁻³	5,25×10 ⁻³ (-33%)
AP	Incidenza di malattia	1,40×10 ⁻⁷	5,32×10 ⁻⁸ (-62%)
TU _{NC}	CTUh	2,79×10 ⁻⁸	4,36×10 ⁻⁸ (+56%)
TU _C	CTUh	1,50×10 ⁻⁹	1,10×10 ⁻⁹ (-27%)
A	moli H ⁺ eq.	1,20×10 ⁻²	9,98×10 ⁻³ (-17%)
ED	kg P eq.	7,05×10 ⁻⁴	1,32×10 ⁻³ (+88%)
EM	kg N eq.	3,28×10 ⁻³	2,26×10 ⁻³ (-31%)
ET	moli N eq.	3,14×10 ⁻²	1,95×10 ⁻² (-38%)
EC	CTUe	46,79	46,89 (+0,2%)
CS	Pt	143,51	9,15 (-94%)
CA	m ³ acqua	2,33	0,81 (-65%)
CR _E	MJ	31,99	32,25 (+1%)
CR _M	kg Sb eq.	2,21×10 ⁻⁵	9,43×10 ⁻⁵ (+328%)

* CC=cambiamento climatico; AO=assottigliamento dello strato di ozono; FO=formazione di ozono fotochimico; AP=assunzione di materiale particolato; TU_{NC}=tossicità umana non cancerogena; TU_C=tossicità umana cancerogena; A=acidificazione; ED=eutrofizzazione in acqua dolce; EM=eutrofizzazione marina; ET=eutrofizzazione terrestre; EC=ecotossicità acquatica; CS=consumo di suolo; CA=consumo di risorse idriche; CR_E=consumo di risorse energetiche non rinnovabili; CR_M=consumo di risorse, minerali e metalli.

uso digitale (Tabella 6), l'utilizzo di 10 libri da parte di uno studente per singolo anno scolastico e un numero attuale di studenti che frequentano le scuole superiori in Italia pari a 4.415.713 (dati Istat dell'anno 2019).

È bene tuttavia sottolineare che la riduzione quantificata potrebbe mutare al variare di alcuni dei parametri/assunzioni adottati nello studio soprattutto per il sistema di apprendimento digitale, come ad esempio:

- tipologia di dispositivo utilizzato e relativo consumo di energia elettrica (quantità e modalità di produzione);
- numero di ore di apprendimento su singolo e-book.

Ad esempio, qualora il numero di ore di apprendimento dell'utente per singolo libro fosse raddoppiato (120 h/anno¹ anziché 60h/anno), gli impatti associati al libro c (sola modalità digitale) sarebbero minori di quelli determinati dal libro misto b (scenario base) in 9 su 15 categorie, con riduzioni di impatto comprese tra il -17% e il -94% (Tabella 7). Nello specifico per la categoria di impatto *cambiamento climatico* i due sistemi presenterebbero

impatti confrontabili, non permettendo quindi di quantificare un'effettiva riduzione dei carichi ambientali da parte dell'apprendimento digitale (Tabella 7).

4. Conclusioni, raccomandazioni e sviluppi futuri

In questo studio è stata effettuata una valutazione quantitativa degli impatti ambientali associati all'intera filiera produttiva, distributiva e d'uso del libro scolastico medio misto di tipo b (copia cartacea ed e-book) commercializzato dal gruppo editoriale Zanichelli.

Lo studio è stato svolto con l'obiettivo principale di effettuare una prima valutazione in merito ai carichi ambientali del prodotto in esame, sia in termini di impatti complessivi che di contributi delle diverse fasi, funzionale ad individuare i margini di miglioramento e indirizzare le strategie in ambito di sostenibilità ambientale. Particolare attenzione è stata posta sul prodotto digitale (e-book), sia perché in espansione, sia perché i carichi ambientali a esso associati sono fortemente influenzati dalle modalità d'uso da parte dell'utente, differenziandosi fortemente in questo dal prodotto cartaceo.

L'analisi degli impatti ha incluso tutte le fasi e i processi coinvolti nell'intero sistema, che è stato descritto prevalentemente con dati primari del gruppo Zanichelli per l'anno 2019, completati con dati di letteratura recenti e

1. Il valore di 60 h/anno è un valore medio che può però variare a seconda della materia studiata e del tempo che ogni singolo studente decide di dedicare allo studio.

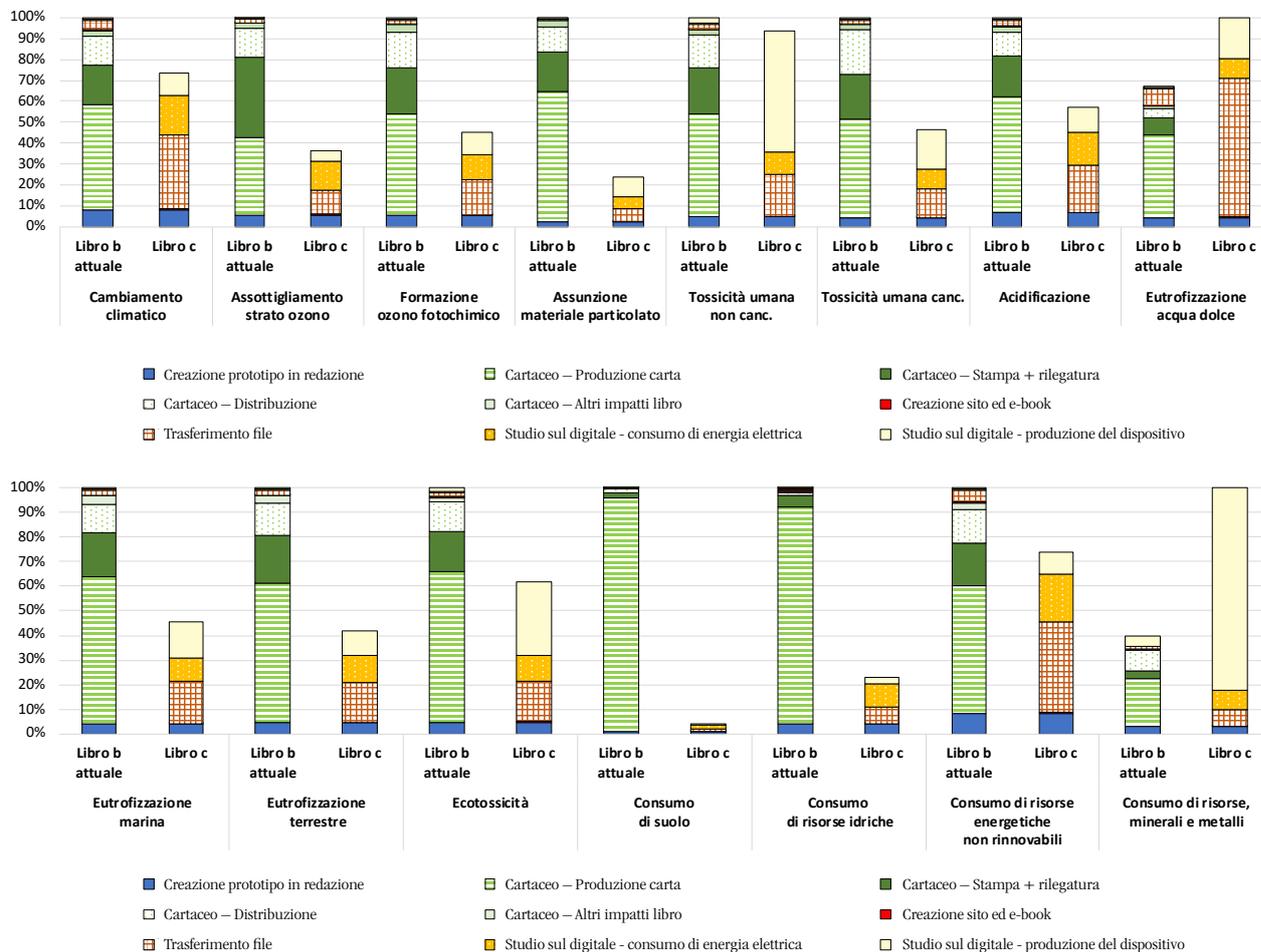


Figura 5. Confronto dell'analisi dei contributi per lo scenario attuale legato al libro ministeriale di tipo b e lo scenario associato al ciclo di vita del libro c (in sola modalità digitale). Figura A: focus sui contributi delle categorie CC (cambiamento climatico), AO (assottigliamento strato di ozono), FO (formazione di ozono fotochimico), AP (assunzione di materiale particolato), TU_{NC} (tossicità umana non cancerogena), TU_C (tossicità umana cancerogena), A (acidificazione) ed ED (eutrofizzazione in acqua dolce). Figura B: focus sui contributi delle categorie EM (eutrofizzazione marina), ET (eutrofizzazione terrestre), EC (ecotossicità in acqua dolce), CS (consumo di suolo), CA (consumo di risorse idriche), CR_E (consumo di risorse energetiche non rinnovabili) e CRM (consumo di risorse, minerali e metalli).

relativi al contesto europeo. La valutazione ambientale ha interessato 15 categorie di impatto, di cui 8 associate all'impatto sull'ambiente naturale, 3 all'impatto sulla salute umana e 4 all'impatto sull'esaurimento di risorse, con l'intento di includere il più ampio spettro di problematiche potenzialmente causate dal prodotto.

I risultati dello studio mostrano che gli impatti del libro misto di tipo b nello scenario attuale d'uso del digitale (visione online/scaricamento di un ottavo del libro e 5% del tempo complessivo di apprendimento) sono principalmente associati al ciclo di vita del libro cartaceo, soprattutto alla produzione di carta patinata vergine (richiesta nella quantità di circa 1 kg per libro). Prendendo a titolo d'esempio la categoria di impatto *cambiamento climatico* emerge che l'86% dell'impatto del libro scolastico misto risulta associato alla realizzazione della copia cartacea, prevalentemente per la realizzazione della carta patinata (50% dell'impatto complessivo).

Attualmente le potenzialità dell'e-book sono poco

sfruttate e di conseguenza il suo carico ambientale è ridotto, con un contributo del ciclo di vita sempre inferiore al 15% dell'impatto totale del prodotto editoriale. I carichi ambientali dell'e-book sono tuttavia strettamente dipendenti dalle modalità d'uso dell'utente, ossia dalla quantità di materiale effettivamente trasferito (in termini di Gigabyte) e dalle ore di studio dedicate all'apprendimento su dispositivo elettronico.

Utilizzando l'e-book al massimo delle sue potenzialità (visione online/scaricamento di tutto l'e-book e apprendimento dello studente su digitale nonostante la presenza del cartaceo), gli impatti complessivi del libro misto di tipo b subiscono un aumento importante, oscillante tra +17% e +229% a seconda della categoria di impatto. Questo perché un e-book, pur non richiedendo un trasporto fisico su strada, deve essere comunque trasferito all'utente per via digitale con un conseguente consumo di energia elettrica (1,5 kWh/GB) particolarmente impattante nelle categorie *cambiamento climatico*, *eutrofizzazione in acqua*

dolce o consumo di risorse energetiche non rinnovabili; la sua consultazione richiede, inoltre, l'uso di un dispositivo elettronico, la cui produzione, seppur allocata tra diverse funzioni, impatta significativamente in determinate categorie di impatto come il *consumo di risorse, minerali e metalli* a causa dell'acquisizione di materie prime anche preziose (oro e rame). Acquisita la consapevolezza degli impatti ambientali associati all'uso dell'e-book, si è ritenuto rilevante comprendere come varierebbero gli impatti dell'editoria scolastica se il mercato si spostasse dal prodotto misto (cartaceo più digitale) al prodotto nella sola versione digitale (libro ministeriale tipo c).

Ipotizzando che il materiale digitale mantenga le stesse caratteristiche nei due prodotti, gli impatti generati dal libro ministeriale c sarebbero minori di quelli generati dal libro misto nello scenario d'uso attuale in 12 su 15 categorie di impatto, confrontabili in 1 categoria (*tossicità umana non cancerogena*) e maggiori in 2 categorie (*eutrofizzazione in acqua dolce* e *consumo di risorse, minerali e metalli*).

In termini di raccomandazioni, avendo rilevato che attualmente gran parte degli impatti del prodotto Zanichelli sono associati alla realizzazione del libro cartaceo, si è suggerito di valutare la fattibilità tecnica ed economica delle seguenti soluzioni migliorative in termini di impatti ambientali:

- ridurre la richiesta di carta a parità di prodotto (es. riduzione del formato del libro, riduzione della grammatura della carta e riduzione del peso della copertina);
- valutare l'utilizzo di tipologie di carta che possano potenzialmente essere ambientalmente più sostenibili;
- ridurre la distanza di approvvigionamento della carta (al momento pari a una media di 700 km);
- effettuare la scelta dei fornitori, sia in termini di cartiere che di aziende grafiche per la stampa, anche sulla base di criteri di sostenibilità ambientale.

Per quanto riguarda, invece, il prodotto digitale, gran parte dei carichi ambientali sono legati al comportamento dell'utente, non direttamente controllabile dal gruppo Zanichelli. Tuttavia, la casa editrice sta promuovendo dei programmi educativi per gli studenti in modo da diffondere la consapevolezza dell'impatto ambientale "nascosto" legato all'uso del digitale.

Oltre a queste strategie di medio e lungo termine, è stata suggerita la possibilità di attuare in parallelo delle politiche di compensazione variabili nel tempo per neutralizzare le emissioni residue inevitabili a livello di gas ad effetto serra.

In un eventuale approfondimento futuro dello studio, si ritiene che sarebbe significativo approfondire i seguenti aspetti:

- acquisire dati primari in merito alla fase di produzione della carta patinata presso le principali cartiere fornitrici di Zanichelli (al momento sono stati utilizzati

dati medi di letteratura per il contesto europeo) e allargare il campione di aziende consultate per la modellizzazione della fase di stampa (le due aziende di riferimento consultate sinora rappresentano il 35% dei volumi di vendita);

- analizzare gli impatti dello stesso libro scolastico misto quando è previsto un suo utilizzo da parte di più utenti (situazione comune nel contesto scolastico italiano, soprattutto per gli studenti delle scuole secondarie di secondo grado);
- approfondire, attraverso analisi di sensibilità mirate, gli impatti del prodotto scolastico in sola modalità digitale al variare delle modalità d'uso dell'e-book (tipologia di dispositivo utilizzato e relativo consumo di energia elettrica). Per esempio, in caso di ricorso massiccio della tecnologia digitale potrebbe non essere opportuno che la maggior parte degli studenti usino il tablet (come accade ora) per motivi ergonomici e problemi di vista e il passaggio al personal computer potrebbe comportare un aumento degli impatti in fase di uso del dispositivo (maggiori consumi energetici e maggiori carichi ambientali per la produzione). Di contro, occorre tenere conto sia dell'evoluzione del settore digitale, con l'introduzione di modelli di PC sempre più performanti, che delle nuove modalità di produzione dell'energia elettrica (in Italia si sta assistendo a una crescita graduale delle installazioni di pannelli fotovoltaici proprietari soprattutto presso le utenze domestiche e gli edifici pubblici quali le scuole);
- l'analisi ambientale riportata nello studio potrebbe essere integrata con un'analisi di tipo economico (come l'analisi *life cycle costing*) e di tipo sociale (come l'analisi *social LCA*), permettendo una più completa valutazione della sostenibilità del ciclo di vita del prodotto editoriale scolastico, in piena ottica *life cycle sustainability assessment* (LCSA);
- comprendere l'influenza delle due modalità di apprendimento (libro misto o libro solo digitale) sulla mobilità degli studenti nel percorso casa-scuola: ad esempio l'assenza del peso dei libri cartacei potrebbe favorire un trasporto più sostenibile. ■

Riferimenti bibliografici

- Achachlouei M.A., Moberg Å. e Hochschorner E. (2015) Life Cycle Assessment of a magazine, Part I: Tablet edition in emerging and mature states. *Journal of Industrial Ecology*, 19 (4): 575-589. DOI: 10.1111/jiec.12227
- Automobile Club d'Italia – ACI (2020) Autoritratto 2019 – consistenza parco veicoli – File Excel Circolante_Copert_2020. Disponibile su: <https://www.aci.it/laci/studi-e-ricerche/dati-e-statistiche/autoritratto/autoritratto-2020.html>

- Consorzio Nazionale per il Recupero ed il Riciclo degli Imballaggi a base Cellulosica – Comieco (2021) 26° Rapporto – Raccolta, riciclo e recupero di carta e cartone. Dati anno 2020. Disponibile su: <https://www.comieco.org/26deg-rapporto-annuale-comieco-sulla-raccolta-differenziata-di-carta-e-cartone-in-italia/>
- Consorzio Nazionale Imballaggi – Conai (2017) Indagine sulle pratiche di riutilizzo dei pallet in legno. Disponibile su: https://www.conai.org/wp-content/uploads/2020/05/Relazione_Riutilizzo_pallet.pdf
- Enroth M. (2009) Environmental impact of printed and electronic teaching aids, a screening study focusing on fossil carbon dioxide emissions. *Advances in Printing and Media Technology*, 36: 1-9
- Fazio S., Biganzioli F., De Laurentiis V., Zampori L., Sala S. e Diaconu E. (2018) Supporting information to the characterisation factors of recommended EF Life Cycle Impact Assessment methods. Version 2 from ILCD to EF 3.0. Ispra: Joint Research Centre. ISBN 978-92-79-98584-3
- Disponibile su: https://eplca.jrc.ec.europa.eu/permalink/TR_SupportingCF_FINAL.pdf
- Il Sole 24 Ore (2018) Ci sono 4,3 milioni di italiani senza internet. Ecco chi sono i disconnessi? *Tecnologia Info Data*. Disponibile su: https://www.infodata.ilssole24ore.com/2018/10/20/ci-43-milioni-italiani-senza-internet-disconnessi/?refresh_ce=1
- International Organization for Standardization – ISO (2006a) ISO 14040: Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework (ISO 14040:2006+ Amd1:2020)
- ISO (2006b) ISO 14044: Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines (ISO 14044:2006+Amd1:2017+Amd2:2020)
- Istituto nazionale di statistica – Istat (2019). Istruzione e formazione – scuole – dati principali. Disponibile online: http://dati.istat.it/Index.aspx?DataSetCode=DCIS_SCUOLE
- Malmodin J., Lundén D., Moberg Å., Andersson G. e Nilsson M. (2014) Life cycle assessment of ICT. Carbon Footprint and operational electricity use from the operator, national, and subscriber perspective in Sweden. *Journal of Industrial Ecology* 18(6): 829-845. DOI: 10.1111/jiec.12145
- Moreno Ruiz E., FitzGerald D., Symeonidis A., Ioannidou D., Müller J., Valsasina L., Vadenbo C., Minas N., Sonderegger T. e Dellenbach D. (2021) Documentation of changes implemented in ecoinvent database v3.8. Zürich: ecoinvent Association. Disponibile su: <https://ecoinvent.org/wp-content/uploads/2021/09/Change-Report-v3.8.pdf>
- Naicker V. e Cohen B. (2016) A life cycle assessment of e-books and printed books in South Africa. *Journal of Energy in Southern Africa*, 27(2): 68-77
- Politecnico di Milano, Osservatorio eCommerce B2c (2019) Report sulla sostenibilità ambientale nell'e-commerce B2c.
- Disponibile su: <https://www.osservatori.net/it/prodotti/formato/report/sostenibilita-ambientale-ecommerce-b2c-report>
- Skuola Network s.r.l. (2018) Quante ore studiano gli studenti? Disponibile su: <https://www.ripetizioni.it/blog/quante-ore-studiano-gli-studenti/>
- Statista (2021a) Average lifespan (replacement cycle length) of consumer tablets in the United States from 2018 to 2025. Disponibile su: <https://www.statista.com/>
- Statista (2021b) Average lifetime of normal and robust notebooks regarding end users of U.S. companies (in months). Disponibile su: <https://www.statista.com/>
- Statista (2021c) Average lifespan (replacement cycle length) of consumer desktop PCs in the United States from 2018 to 2025. Disponibile su: <https://www.statista.com/>
- Suhr M., Klein G., Kourti I., Gonzalo M.R., Santonja G.G., Roudier S. e Sancho L.D. (2015) Best Available Techniques (BAT) reference document for the production of pulp, paper and board. Luxembourg: European commission, Joint Research Centre (JRC). ISBN: 978-92-79-48167-3. Disponibile su: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC95678>
- The International EPD® System (2017) Bottled waters, not sweetened or flavoured, product category rules (PCR) 2010:11, version 3.0.
- The International EPD® System (2019) General Programme Instructions. Versione 3.01. Disponibile su: <https://www.datocms-assets.com/37502/1608286739-general-programme-instructions-v3-01.pdf>
- Zanichelli editore S.p.A. (2022) Sostenibilità ambientale – ridurre le emissioni nella produzione dei libri e degli ebook. Disponibile su: <https://www.zanichelli.it/chi-siamo/obiettivo-dieci-in-sostenibilita-sostenibilita-ambientale-7#punto7>

Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare tutti i collaboratori del gruppo editoriale Zanichelli e delle due aziende grafiche oltre che la dottoressa Germana Olivieri che hanno contribuito alla fase di raccolta dati dello studio.



INGEGNERIA DELL'AMBIENTE

per il 2022 è sostenuta da:

