

Politecnico di Torino

Collegio di Ingegneria Gestionale
Corso di Laurea in Ingegneria Gestionale - Percorso Innovazione



Tesi di Laurea Magistrale

Digitalizzazione e tracciamento del ciclo di vita dei materiali a supporto dell'Economia Circolare

Relatori:

Giulia Bruno
Luigi Panza

Candidato:

Nicolò Grimaldi

Anno Accademico. 2021/2022

Indice:

Abstract

1.	Introduzione del contesto - Verso un'economia circolare	1
1.1.	Earth Overshoot Day	1
1.2.	Importanza e potenziale dell'economia circolare	4
1.2.1.	Modelli di business circolari	6
1.3.	Effetti indesiderati della CE: l'effetto rimbalzo	11
1.4.	L'agenda politica	12
1.4.1.	Italia - Strategia nazionale per l'economia circolare	12
1.4.2.	Piano d'azione per l'economia circolare varato dall'UE	13
1.4.3.	Le mosse degli USA	14
1.4.4.	Piano pluriennale per lo sviluppo dell'economia circolare cinese	15
1.5.	Fattori ostacolanti l'economia circolare	18
1.5.1.	Lack of information - Mancanza di un'adeguata rete di condivisione delle informazioni	20
2.	Digitalizzazione delle informazioni	23
2.1.	Relazione tra digitalizzazione e sostenibilità	27
2.2.	Paradosso della digitalizzazione: aumentano i consumi di energia elettrica	28
3.	Material Passport: uno strumento digitale per abbattere le barriere informative	30
3.1.	Opportunità legate al Material Passport	32
3.2.	Progetti attuali	33
3.2.1.	Applicazioni nel settore edile	33
3.2.1.1.	Progetto BAMB	38
3.2.1.2.	Progetto BIMaterial	40
3.2.2.	Applicazioni nel settore dei veicoli elettrici	44

3.2.2.1.	Struttura del Battery Passport	46
3.2.3.	Material Passport nel settore della moda.....	49
4.	Gestione degli stakeholders e delle informazioni	53
4.1.	Interazione tra i diversi stakeholders	53
4.2.	Nasce un nuovo stakeholder: il consulente MP	55
5.	Internet of Materials (IoM)	57
5.1.	IoM	57
5.2.	Madaster - Il catasto dei materiali	59
5.2.1.	Esempio di Madaster Material Passport	60
6.	Caso di applicazione: Material Passport di un pavimento galleggiante in Perlato di Sicilia	71
6.1.	Sud Marmi srl - Azienda specializzata nell'estrazione e nella lavorazione di marmi	71
6.2.	Processo di estrazione e lavorazione del marmo	72
6.2.1.	Fase di estrazione	73
6.2.2.	Fase di lavorazione	75
6.3.	Creazione del Material Passport	78
6.4.	Caso di applicazione di un Material Passport su un pavimento galleggiante	79
6.4.1.	Pavimenti galleggianti - Una soluzione innovativa all'insegna della circolarità	79
6.4.2.	Material Passport di un pavimento galleggiante in marmo Perlato di Sicilia	80
6.4.3.	Vantaggi derivati dalla consultazione del Material Passport	87
	Conclusioni	89

Bibliografia e sitografia

Abstract:

Negli ultimi anni, a causa del sempre crescente consumo di risorse naturali e non rinnovabili, si è assistito a uno sviluppo di metodi e modelli focalizzati sul riutilizzo delle risorse e la riduzione degli sprechi. Il passaggio ad un sistema economico di tipo circolare, con l'abbandono del vecchio modello lineare, appare ormai un approccio inevitabile a cui la società è chiamata per garantire la sopravvivenza delle generazioni future. Per poter supportare in modo efficace l'economia circolare, è necessario avere a disposizione una serie di informazioni relative al consumo delle risorse e alle caratteristiche dei materiali durante tutto il loro ciclo di vita.

L'obiettivo della tesi è quello di presentare lo strumento del Material Passport per digitalizzare e documentare le informazioni generate nelle varie fasi del ciclo di vita dei materiali, promuovendo il flusso informativo tra i diversi attori coinvolti. Vengono inizialmente presentati i primi progetti che stanno sviluppando il concetto di Material Passport e i rispettivi settori di applicazione. Inoltre, viene discussa l'idea di una piattaforma, denominata Internet of Materials, per condividere le informazioni raccolte. Nella parte conclusiva della tesi viene proposto l'esempio di applicazione del concetto di Material Passport nella realizzazione di un prodotto per l'edilizia (pavimento galleggiante in marmo Perlato di Sicilia).

CAPITOLO 1

INTRODUZIONE DEL CONTESTO - VERSO UN'ECONOMIA CIRCOLARE

1.1 EARTH OVERSHOOT DAY

L'evoluzione industriale è stata dominata da un modello di produzione di tipo lineare basato sul mantra "estrai - produci - consuma - smaltisci". Questo modello, però, non sarà più tollerabile e sostenibile nei prossimi decenni.

Ogni anno l'economia mondiale estrae 92,8 miliardi di tonnellate di materie prime, tra minerali, combustibili fossili, metalli e biomassa, e nonostante decenni di avvertimenti sui conseguenti impatti per clima e sicurezza delle risorse, solo il 9% di questi materiali viene riutilizzato.[11]

La crescita della popolazione, che si stima possa raggiungere i nove miliardi entro il 2050, porterà ad una domanda sempre più elevata di risorse naturali.[1]

Un rapporto dell'International Resource Panel, gruppo di esperti delle Nazioni Unite, mostra come l'uso delle risorse globali è più che triplicato dal 1970 a oggi e potrebbe raddoppiare nuovamente entro il 2050 senza serie azioni di contrasto. Si stima che il 62% delle emissioni globali di gas a effetto serra, escluse quelle derivanti dall'uso del suolo e dalla silvicoltura, vengano rilasciate durante le fasi di estrazione, lavorazione e produzione di beni, rispetto al 38% emesso invece nella consegna e nell'uso di prodotti e servizi. [11]

Le statistiche confermano che la società moderna consuma molte più risorse per persona rispetto alla società premoderna e i consumi sono ben superiori a quelli che la natura può offrire. Per esempio, nel 1970, l'Earth Overshoot Day, ovvero la stima della data in cui la domanda umana di risorse e servizi ecologici in un dato anno supera ciò che la Terra può rigenerare in quell'anno, era il 29 Dicembre. Da lì è iniziato un vero e proprio declino che ha accorciato sempre più la cadenza di questa data, che nel 2021 è avanzata fino al 29 luglio[2]; ed è curioso notare che un evento nefasto e drammatico come l'epidemia dovuta al COVID-19, che ha causato morti e disagi per l'umanità, sia stata per il pianeta un'occasione per "respirare".

Come si può vedere nella Figura 1, il 2020 ha interrotto un trend che vedeva l'Earth Overshoot Day anticipare sempre più la sua ricorrenza; l'anno di lockdown forzato e la conseguente riduzione della produzione mondiale, ha generato una riduzione dei consumi delle risorse naturali. Consumi che sono regolarmente ripresi l'anno successivo, col ritorno della società alle normali attività pre-COVID-19.

Secondo il Global Footprint Network, un'organizzazione internazionale non-profit impegnata nella promozione di stili di vita più sostenibili, che ogni anno calcola l'Earth Overshoot Day, la pandemia da COVID-19 ha provocato, rispetto al 2019, una riduzione del 9,3% dell'impronta ecologica dell'umanità tra il 1 gennaio e il 22 agosto 2020. L'impronta ecologica indica la quantità di superficie terrestre e acquatica necessarie a produrre tutte le risorse che l'umanità consuma, e ad assorbire i rifiuti o le emissioni che produce. [12]

Per il calcolo dell'Earth Overshoot Day Global Footprint Network traccia il reddito e le spese del Pianeta, misurando la domanda della popolazione e l'offerta di risorse e servizi da parte degli ecosistemi. Per quanto riguarda la domanda, essa consiste nell'impronta ecologica dell'umanità, ovvero nei beni necessari al mantenimento del suo stile di vita. Essi sono i prodotti alimentari e le fibre vegetali, il bestiame e i prodotti ittici, il legname e i prodotti forestali. Oltre che, ovviamente, lo spazio per le infrastrutture urbane e il patrimonio vegetale necessario ad assorbire le emissioni di biossido di carbonio. L'offerta, invece, consiste nella biocapacità di una città, stato o nazione, ovvero i suoi terreni forestali, i pascoli, le colture, le zone di pesca e i terreni edificati. A questo punto Global Footprint Network divide l'offerta, ovvero la biocapacità del pianeta, per la domanda, cioè l'impronta ecologica degli uomini. Dopodiché, moltiplica il numero ottenuto per 365 e ottiene il numero di giorni di quell'anno in cui la biocapacità terrestre è sufficiente a fornire l'impronta ecologica degli uomini. [15]

Dai dati si evince che, con l'avvicinarsi costante dell'Earth Overshoot Day alla metà dell'anno, l'uomo consuma quasi il doppio delle risorse che ha a sua disposizione, come se disponesse di due pianeti Terra.

A fronte di una popolazione di 447 milioni di abitanti, corrispondente a circa il 6% della popolazione mondiale, l'Unione Europea utilizza circa il 20% delle risorse

mondiali. Ciò significa che sarebbero necessari 2,8 pianeti Terra se ogni abitante terrestre consumasse quanto un europeo, contro una media mondiale ferma ad 1,7.

Il Paese che detiene il record negativo è il Lussemburgo, lo stato più piccolo e ricco dell'Unione Europea, che in appena 46 giorni esaurisce la percentuale di risorse terrestri spettantegli. L'Italia, nel 2022 ha visto esaurire le risorse a sua disposizione già il 15 Maggio. [10]

Citando Mathis Wackernagel, presidente del sopracitato Global Footprint Network: "Stiamo procedendo con uno schema piramidale, prelevando risorse dal futuro per far andare avanti l'economia del presente". Appare evidente, quindi che urge un'inversione di rotta.

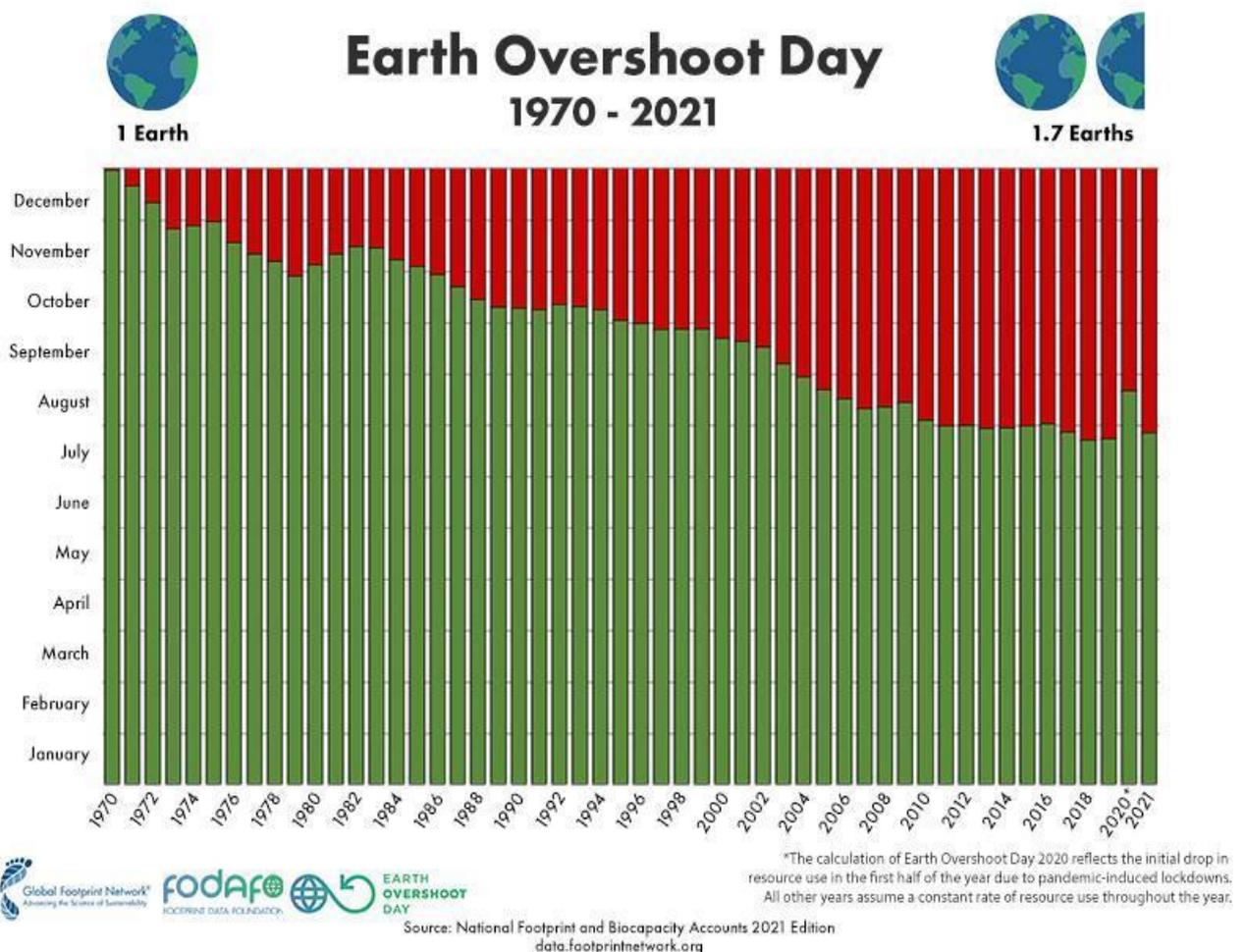


Figura 1: evoluzione del l'Earth Overshoot Day dagli anni '70 ad oggi [2]

1.2 IMPORTANZA E POTENZIALE DELL'ECONOMIA CIRCOLARE

Nonostante il problema dell'esaurimento delle risorse naturali sia ben noto da tempo, così come le conseguenze ambientali che il consumismo odierno genera, per anni la società ha ignorato il problema, posticipando continuamente l'attuazione di misure concrete e tangibili mirate a ridurre i consumi e a preparare il sistema economico ad un cambio di paradigma verso un modello più sostenibile.

Il cambiamento climatico, il sovrasfruttamento delle risorse ambientali ed il crescente inquinamento stanno raggiungendo livelli sempre più critici. Secondo diversi studiosi del fenomeno non sarà mai possibile risolvere l'emergenza ambientale senza modificare prima il sistema economico.

Soltanto i significativi aumenti dei prezzi, la loro volatilità e la generazione di esternalità di rete negative hanno fatto prendere seriamente in considerazione un cambio di modello economico che passi dal sopracitato modello lineare ad uno di tipo circolare, dove i prodotti/materiali possono essere riutilizzati/riciclati alla fine del loro ciclo vita e diventare materia prima per una nuova produzione, riducendo così il consumo di materie vergini e dell'energia necessaria per la loro estrazione. L'economia circolare prende a modello l'ecosistema terrestre e la sua capacità di rigenerarsi continuamente.

Con essa si introduce un nuovo modo di intendere l'intera filiera produttiva basandosi sul semplice "concetto delle 3R": ridurre, riusare e riciclare.

- **Ridurre:** con riduzione si intende un minor impiego di risorse ed una minor produzione di rifiuti mettendo in atto una serie di azioni e di misure per evitare che una sostanza diventi poi materiale di scarto.
- **Riusare:** con riusare si intende il recupero ed il riutilizzo dei prodotti finiti o delle loro componenti essenziali. Questo punto è costituito da due elementi cardine: la preparazione per il riutilizzo ed il riutilizzo. La preparazione consiste nelle operazioni di recupero necessarie per evitare che i prodotti si trasformino in rifiuti difficili da riutilizzare. Il riutilizzo prevede lo sfruttamento di tali materiali recuperati i quali, a differenza che nel

riciclaggio, non sono mai stati rifiuti. Questo, oltre al beneficio ambientale, può rappresentare un risparmio per le aziende.

- **Riciclare:** il riciclaggio consiste in un'operazione di ripristino che avviene dopo la raccolta delle materie di scarto che vengono poi trasformate in altre sostanze, prodotti o materiali. Per poter assicurare un riciclo efficace è necessario stabilire con successo schemi di raccolta differenziata, incoraggiando i cittadini a dividere i propri rifiuti. [14]

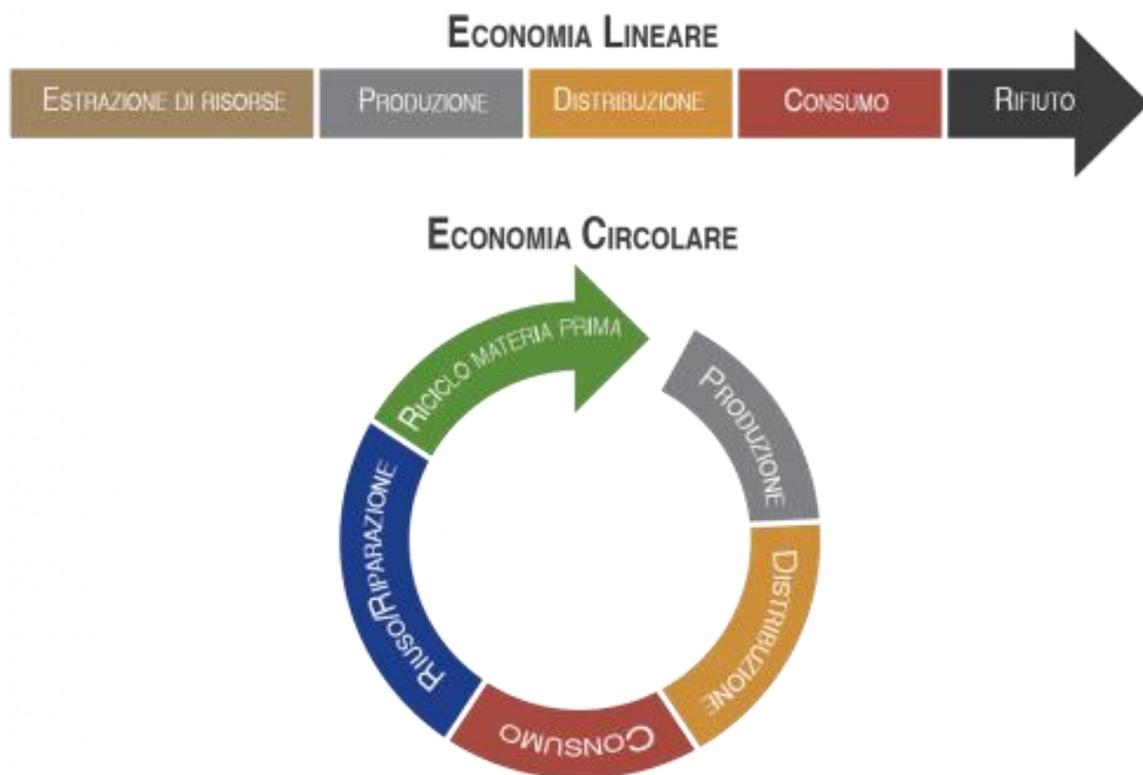


Figura 2: Modello lineare e modello circolare a confronto

Il modello di economia circolare è indispensabile per attenuare la pressione sugli ecosistemi, la sua adozione totale potrebbe portare ad una riduzione dell'80-90% del consumo di materie prime ed energia e ad una riduzione del 25-30% dei costi di produzione.[3]

L'economia circolare può portare nuove opportunità di crescita attraverso una gestione efficiente delle risorse. Si stima che in un'economia circolare il reddito disponibile delle

famiglie europee, entro il 2030, potrebbe risultare superiore di ben l'11% rispetto al percorso di sviluppo attuale. [4]

Da uno studio realizzato dal McKinsey Center for Business and Environment in collaborazione con Ellen MacArthur Foundation e SUN (Stiftungsfonds für Umweltökonomie und Nachhaltigkeit), emerge che l'adozione di un modello di economia circolare, coordinato con le nuove tecnologie disponibili sul mercato, genererebbe, in Europa, una crescita di produttività delle risorse fino al 3% annuo. Questo significherebbe un risparmio in termini di costi di produzione e utilizzo delle risorse di base pari a 1.800 miliardi di euro all'anno entro il 2030, con conseguente crescita del PIL fino al 7% e in più alti livelli di occupazione.

Il modello circolare, quindi, porta notevoli benefici anche dal punto di vista economico. Quello che nel passato è stato un tema considerato principalmente in un'ottica etica e di ideologia, oggi conquista l'attenzione di tutti per motivi decisamente più pratici, concreti e di impatto globale.

L'economia circolare è oggi annoverata tra le leve strategiche per il recupero della competitività: un'impresa che opera seguendo il modello circolare è un'impresa che può sganciare la sua crescita economica dal consumo di risorse, potendo così liberarsi di un vincolo che diventa sempre più pesante nell'ottica della gestione dei costi.

È qui che entra in gioco il concetto di "Decoupling". In gergo economico si dice che quando due variabili vanno di pari passo ed evolvono in proporzione, esse siano "accoppiate": se aumenta l'una, aumenta anche l'altra, e viceversa. PIL ed emissioni di gas serra sono un tipico esempio di variabili accoppiate, ed il tema del decoupling tra le due variabili è oggi un tema molto importante nel dibattito sul clima. La sfida è separare il concetto di crescita economica e sociale dal consumo di risorse.

1.2.1 MODELLI DI BUSINESS CIRCOLARI

Sono sempre di più le aziende che stanno ridefinendo i loro modelli di business per adattarli ai principi dell'economia circolare.

In “L’economia circolare” (2016) [5] Lacy e Lamonica individuano 5 modelli di business che caratterizzano le organizzazioni che operano secondo il modello circolare: [6]

- **Input circolari:** il modello si fonda sull’accesso a materie prime rinnovabili, riciclabili o biodegradabili, come l’energia rinnovabile, materiali di natura biologica come prodotti biochimici e bioplastiche, risorse riciclabili come metalli e minerali che possono essere riciclati e riutilizzati all’infinito. Ad ostacolare questo modello di business vi sono fattori economici, tecnologici e normativi. Le barriere all’ingresso sono ancora molto alte e non sussistono le economie di scala necessarie per rendere sempre convenienti gli investimenti. Sarebbe necessario, da parte dei legiferanti, attuare uno schema di sanzioni e sovvenzioni che stimolerebbe un minor utilizzo di risorse vergini e il ricorso a risorse circolari.

Un esempio di applicazione di questo modello è quello di Mapei, azienda operante nel settore edile, che da un’inefficienza ambientale di un loro prodotto, ovvero dal calcestruzzo reso non più utilizzabile e che costituiva un rifiuto di ingenti dimensioni l’anno, hanno inventato un additivo in grado di trasformarlo in materiale modulare da impiegare per la produzione di cemento e che costituisce materia prima seconda per il loro processo di produzione.

- **Recupero:** il modello si fonda sul sistematico recupero e il riutilizzo di materiali di scarto della lavorazione, cascami termici dai processi di produzione e dai prodotti a fine ciclo vita. Questo modello necessita di una catena di fornitura bidirezionale, cioè che non va solo dal produttore al consumatore, ma anche dal consumatore che restituisce il rifiuto al produttore. L’obiettivo di questo modello non è tanto la riduzione dei rifiuti, quanto l’abolizione del concetto stesso di rifiuto, che deve, invece, essere considerato come nuova risorsa dalla quale generare nuovamente valore. I vantaggi sono molteplici: riduzione dei costi di approvvigionamento delle materie prime, della gestione dei rifiuti e dell’impatto ambientale; il modello permette di ottenere ricavi dalla vendita di sottoprodotti prima indesiderati e considerati superflui. Al fine di agevolare l’attuazione del modello è opportuno che i prodotti abbiano un’architettura di tipo modulare, impieghino materiali puri e vi sia un numero ridotto di componenti.

Tanti possono essere gli esempi in questo campo, ma sicuramente un caso studio interessante di best practice è quello adottato da Aquafil, azienda produttrice di filati di nylon e molto attenta al tema della sostenibilità, che ha ideato Econyl. Il nylon di scarto proveniente da reti da pesca e dalla produzione tessile viene recuperato e trasformato in filo nuovo, avente le stesse caratteristiche da materia prima vergine e che può essere reimpiegato nel campo della moda o dell'arredamento.

- **Estensione del ciclo di vita:** questo modello prevede il ridisegno e la reingegnerizzazione di prodotti e componenti per renderli idonei a riparazione, ricondizionamento e conseguente rivalorizzazione attraverso rivendita. Il modello si oppone all'obsolescenza programmata dei prodotti, strategia attuata in modo che i prodotti smettano di funzionare dopo un certo tempo, costringendo il consumatore all'acquisto del nuovo modello. Il paradigma dell'estensione del ciclo di vita del prodotto, invece, mira all'estrazione di quanto più valore possibile dai prodotti, sviluppandoli in modo da farli durare a lungo e mettendo a disposizione aggiornamenti, servizi e componenti di ricambio. Il modello si concretizza attraverso costruzione per la lunga durata, opere di ricondizionamento, aggiornamenti, ripristino di funzioni/componenti che si esauriscono più rapidamente del prodotto stesso. Questo modello sta vedendo crescere sempre più la sua convenienza grazie ai mutamenti del mercato del lavoro: in passato è sempre stato più conveniente importare nuovi prodotti che riparare quelli venduti, ma il crescente costo della manodopera nei mercati emergenti come la Cina sta invertendo il trend; l'elevata disoccupazione e l'attenzione prestata a creare posti di lavoro nelle economie sviluppate contribuiscono a questa inversione.

Un esempio è Patagonia, noto brand di vestiario, che con il progetto *Worn Wear* offre supporto per la riparazione dei capi. Il semplice gesto di far durare più a lungo i capi, avendone cura e riparandoli quando necessario, consente di non doverne acquistare di nuovi evitando così sprechi e rifiuti.

- **Piattaforme di condivisione (sharing platforms):** questo modello punta alla massimizzazione dell'utilizzo di un prodotto attraverso un uso condiviso. Il modello si basa sull'offerta di una piattaforma che metta in contatto i proprietari di beni di

consumo con altri utenti interessati ad usarli. La piattaforma incrementa la produttività dei beni, consentendone l'accesso condiviso o la comproprietà, riducendo la domanda di risorse e attività produttive. I fattori chiave per il successo del modello sono la comodità di avere a disposizione un'ampia gamma di beni e un prezzo d'accesso ai prodotti più economico. L'esempio più comune è il car-sharing: considerando che un'auto di proprietà viene utilizzata solo al 4% del suo tempo vita, la piattaforma di condivisione permette di aumentarne l'utilizzo puntando alla sua massimizzazione. Vi sono diverse critiche poste su questo modello. Le più rilevanti sono legate alla nascita di una nuova categoria di "poveri che lavorano" senza un reddito sicuro e senza benefit tipici di un classico contratto, eliminando i posti di lavoro classici e generando numerose proteste, come nel caso Uber. Altra critica è legata all'evasione fiscale e alla violazione della legge. A trainare la crescita di questo modello sono alcune aziende leader come Airbnb, per la condivisione di stanze e appartamenti e Uber, finalizzata alla messa in condivisione di "passaggi" e autovetture.

- **Product as a service:** il modello mira a rendere accessibile l'utilizzo di un asset a chi ne ha bisogno senza trasferirne la proprietà, con l'obiettivo di ottimizzarne la produttività e rendere certo il costo di utilizzo all'utente finale, elaborando il concetto di pay-per-use, estendendolo e accompagnandolo alla creazione di servizi ancillari e di supporto. Le imprese mantengono la proprietà del prodotto e lo offrono ad uno o più utenti tramite affitto, noleggio, utilizzo pagato in base al consumo e diversi tipi di accordi basati sulle prestazioni. Così, come il prodotto diventa servizio, anche il consumatore diventa "utente". In questo modo, i costi legati alla proprietà, alla manutenzione e allo smaltimento si spostano dal consumatore al produttore e l'utente beneficia della possibilità di poter usufruire di beni di alta qualità che non sarebbero accessibili in caso di acquisto del bene. Le principali sfide nell'implementazione di questo modello sono: l'investimento iniziale, che richiede che i costi di produzione, in tecnologia e risorse, possano venire assorbiti dal bilancio aziendale; la necessità di valutare attentamente il punto di vista del cliente e il trade off che quest'ultimo analizza tra l'utilizzo per noleggio e l'acquisto: è possibile che l'utente sia più motivato a noleggiare/utilizzare in

abbonamento beni costosi, il cui costo è talmente ingente da non poterne permettere l'acquisto. Una delle caratteristiche fondamentali di questo modello è la compatibilità con la maggioranza degli altri modelli di business circolari visti.

Un esempio interessante è quello di Philips e del suo *"Lighting as a service"* proponendo di soddisfare il bisogno del cliente di avere illuminazione, prendere in carico la manutenzione, l'efficienza energetica e lo smaltimento delle lampadine a fine vita con il recupero dei componenti per un periodo di cinque anni. Con l'offerta del servizio diventa di importanza per l'azienda una maggiore durata ed efficienza del prodotto, in contrapposizione al principio dell'obsolescenza programmata. [13]

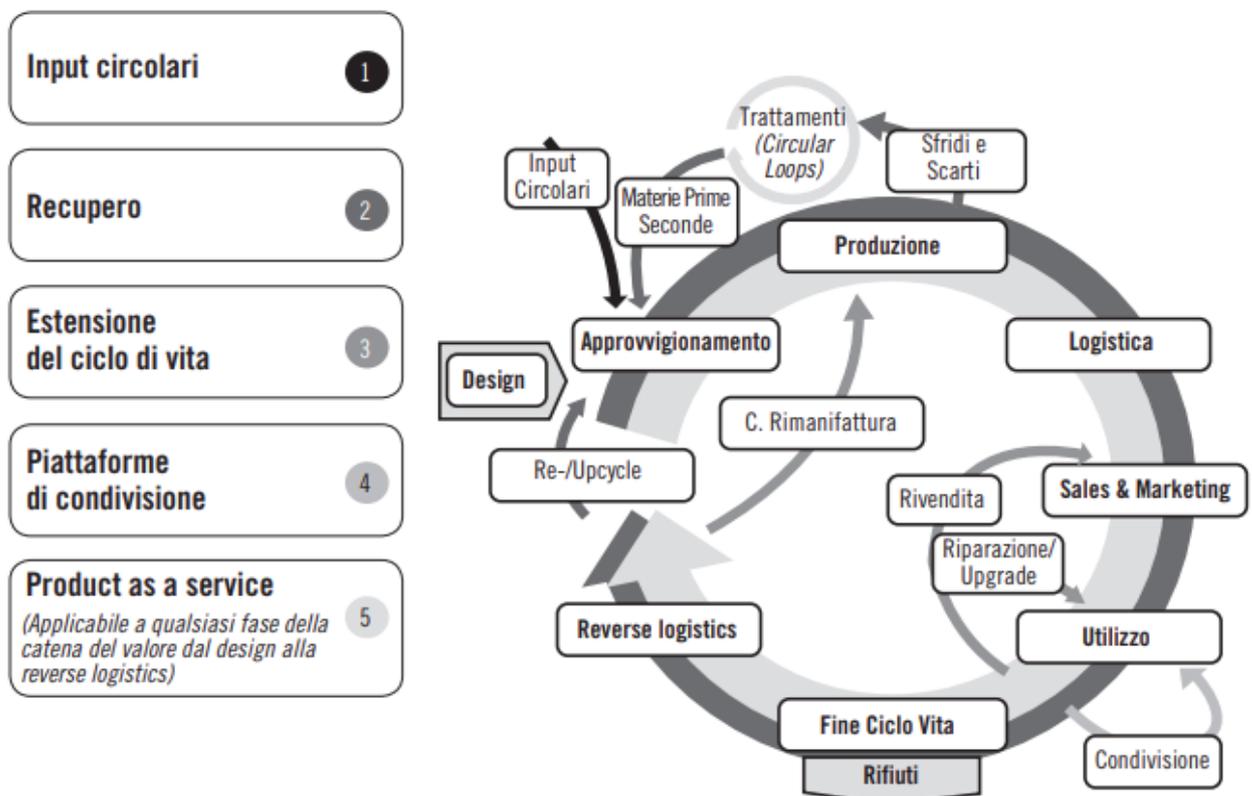


Figura 3: I 5 modelli di business e il loro intervento all'interno nel ciclo di vita di un prodotto [5]

I modelli presentati sono ricchi di grande potenziale e saranno gli artefici del cambio del paradigma economico, che passerà dal modello lineare a quello circolare.

Tuttavia, è fondamentale che la loro implementazione tenga conto delle realtà già esistenti.

È necessario che alle aziende esistenti vengano offerte nuove prospettive su come prosperare nell'ambito dell'economia circolare e su quali siano le opportunità di mercato circolari di cui possono beneficiare a breve termine.

Dimostrazione di questo sono stati i tassisti, che sono scesi in piazza in massa per protestare contro Uber, poiché quest'ultimo ha rappresentato una minaccia di concorrenza che aggirava la legge, le licenze e poteva offrire ai clienti prezzi molto più vantaggiosi; questo dimostra che non basta semplicemente concentrarsi sulla creazione di nuovi modelli di business circolari, ma è fondamentale che la politica sappia regolamentarli, salvaguardando anche le realtà economiche esistenti, mettendo a punto un sistema in grado di ripartire equamente i benefici.

1.3 EFFETTI INDESIDERATI DELLA CE: L'EFFETTO RIMBALZO

L'aumento della produttività, che il modello circolare garantirebbe, potrebbe condurre al cosiddetto "Effetto rimbalzo": la diminuzione dei prezzi, legata all'aumento della produttività delle risorse, comporta un aumento dei consumi; questo potrebbe annullare, o comunque diminuire, i benefici ottenuti per quanto riguarda il consumo di risorse e l'impatto ambientale. Studi condotti in Europa, Nord America e Giappone hanno evidenziato come, a lungo termine, un aumento del 10% dell'utile netto si traduca, di fatto, in un aumento di oltre il 10% della richiesta di veicoli e carburante e del 5% di traffico. [7] Pertanto, merita un'analisi approfondita da parte dei responsabili politici la messa a punto di un piano adeguato per limitare l'effetto rimbalzo massimizzando, nel contempo, la riduzione dei rifiuti.

Tenuto conto della tendenza, da parte dei consumatori, a sostituire i prodotti prematuramente, comportamento fortemente incentivato da varie pratiche di marketing, vi è quindi la necessità di esercitare un'influenza sulle imprese per evitare, o almeno per ritardare, la percezione di obsolescenza dei prodotti che si manifesta nei consumatori, in maniera tale che la longevità media dei prodotti possa essere prolungata; per fare ciò è necessario educare il consumatore alla cultura del recupero, del riutilizzo e della

sostenibilità, l'opposto di quello che le campagne pubblicitarie hanno fatto in questi decenni.

1.4 L'AGENDA POLITICA

Il tema dell'economia circolare sta guadagnando sempre più spazio nelle agende dei governi. La crescente importanza dell'economia circolare e dei modelli di business circolari si manifesta in politiche e normative volte a promuovere l'adozione di un'economia climaticamente neutrale ed efficiente sotto il profilo delle risorse.

1.4.1 ITALIA - STRATEGIA NAZIONALE PER L'ECONOMIA CIRCOLARE

Nel Settembre 2021 il Ministero della transizione ecologica ha emanato il documento "Strategia nazionale per l'economia circolare". La pubblicazione fa da successore al precedente documento "Verso un modello di economia circolare per l'Italia. Documento di inquadramento e di posizionamento strategico", pubblicato nel 2017, che aveva l'obiettivo di fornire un inquadramento generale dell'economia circolare, e di definire il posizionamento strategico dell'Italia sul tema, in continuità con gli impegni adottati nell'ambito dell'Accordo di Parigi sui cambiamenti climatici, dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite sullo sviluppo sostenibile, in sede G7 e nell'Unione Europea. Dal 2017 ad oggi, però, il contesto di riferimento è mutato e vi è urgenza di intervenire per ridurre i consumi di risorse e le emissioni atmosferiche e per arginare gli effetti dei cambiamenti climatici. La nuova pubblicazione ministeriale, quindi, aggiorna le linee strategiche individuate nel 2017 incentrandosi su ecoprogettazione ed ecoefficienza, nuovi strumenti amministrativi e fiscali per potenziare il mercato delle materie prime seconde, la responsabilità estesa del produttore e del consumatore, la diffusione di pratiche di condivisione e di "prodotto come servizio", supportare il raggiungimento degli obiettivi di neutralità climatica, definire una roadmap di azioni e di target misurabili di qui al 2040.

La nuova strategia descritta comprende: un nuovo sistema digitale di tracciabilità dei rifiuti che possa consentire, da un lato, lo sviluppo di un mercato delle materie prime seconde, dall'altro il controllo e la prevenzione di fenomeni di gestione illecita dei rifiuti; lo sviluppo di sistemi di incentivazione fiscale per supportare l'utilizzo di materiali derivanti dalle filiere del riciclo; una revisione del sistema di tassazione per rendere il riciclo più conveniente

dello smaltimento in discarica; la promozione del diritto al riutilizzo e alla riparazione; la riforma dei sistemi di EPR (Extended Producer Responsibility) e dei Consorzi per supportare il raggiungimento degli obiettivi comunitari; il rafforzamento degli strumenti normativi esistenti (legislazione End of Waste, Criteri Ambientali Minimi e l'applicazione di detti strumenti a settori strategici quali costruzioni, tessile, plastica, elettronica; il supporto allo sviluppo di progetti di simbiosi industriale, anche attraverso strumenti normativi e finanziari. [18]

1.4.2 PIANO D'AZIONE PER L'ECONOMIA CIRCOLARE VARATO DALL'UE

La Commissione Europea sta lavorando per stabilire principi di sostenibilità e altre soluzioni appropriate per regolare molteplici aspetti dei cicli di vita dei prodotti con l'obiettivo di migliorare la durata, la riutilizzabilità, l'aggiornabilità e la riparabilità e aumentare l'efficienza energetica e delle risorse.

Il nuovo "Piano d'azione per l'economia circolare" della Commissione Europea costituisce un pilastro principale del Green Deal, un progetto molto ambizioso che prevede l'adozione di varie misure di diversa natura, da attuare tramite leggi, decreti e investimenti, al fine di contrastare il consumo sfrenato delle risorse e il cambiamento climatico.

Il Piano d'azione per l'economia circolare fissa come obiettivi principali:

- l'estensione dei modelli di business circolari in tutte le aziende esistenti e fare in modo che questi diventino la norma;
- raggiungere la neutralità climatica entro il 2050, ovvero annullare, o quantomeno ridurre al minimo, le emissioni di gas serra;
- dissociare la crescita economica dall'utilizzo delle risorse (decoupling);
- mantenere il consumo di risorse entro i limiti che può garantire il nostro pianeta, che si tradurrebbe nello slittamento in avanti del già citato Earth Overshoot Day;
- raddoppiare l'uso dei materiali circolari nel prossimo decennio. [8]

Il Piano d'azione intende innanzitutto incentrare l'attenzione sui settori che utilizzano più risorse e che hanno un elevato potenziale di circolarità; in particolare i settori dell'edilizia, quello tessile, elettronico, batterie e automotive, alimentare e della plastica.

Uno degli aspetti citati nel Piano d'Azione riguarda la digitalizzazione delle informazioni sui prodotti, comprese soluzioni come passaporti digitali, un concetto emergente ideato per ottenere la digitalizzazione dei cicli di vita dei prodotti, che verrà trattato nella parte

centrale di questa tesi. Il passaporto del prodotto digitale (DPP), può rappresentare un'opportunità per l'adozione e la scalabilità dell'economia circolare.

Il Piano si muove da due prospettive, aziende e consumatori, con l'obiettivo comune di incentivare una transizione progressiva, ma irreversibile, verso un sistema economico sostenibile. Da un lato l'economia circolare può rafforzare la base industriale dell'Unione, favorendo la creazione di imprese basate sul Green Deal e sull'economia circolare; dall'altro può agevolare l'offerta ai consumatori di prodotti di elevata qualità, funzionali, sicuri, efficienti e economicamente accessibili, che durano più a lungo e sono concepiti per essere riutilizzati, riparati o sottoposti a procedimenti di riciclaggio di elevata qualità.

L'Unione Europea non è la sola a muoversi verso la promozione del modello di economia circolare; anche nel resto del Mondo si sta lavorando nella stessa direzione, con la promozione di progetti e iniziative che possano portare ad innovazioni sostenibili.

1.4.3 LE MOSSE DEGLI USA

L'amministrazione Biden ha recentemente chiesto regole più severe per la gestione delle miniere e del riciclaggio dei minerali. Un estratto da "100-Day Reviews under Executive Order 14017" afferma che "Il riciclaggio offre molti vantaggi alla sostenibilità dei materiali critici. Sviluppando un'economia circolare per i materiali avanzati delle batterie, gli Stati Uniti possono reimmettere questo materiale nell'economia e ridurre la necessità di estrazione vergine, riducendo al contempo le emissioni di gas serra." [9]

Di pochi mesi fa è l'annuncio dello Stato di New York di un disegno di legge che prevede il "Right to repair", cioè il diritto alla riparazione degli apparecchi digitali. L'approvazione di questa legge, che deve fare i conti con gli interessi dei colossi della Silicon Valley, metterebbe in discussione un intero modello di business e di guadagno consolidato negli anni e passato indisturbato fino a tempi più recenti, il modello dell'obsolescenza programmata che, incrementando i consumi e i rifiuti, danneggia i cittadini e l'ambiente. Si tratta di una pratica aziendale volta a pianificare il fine vita, o più precisamente la fine dell'efficienza, di un prodotto sin dalla sua ideazione, per fare spazio nel mercato, nell'arco di pochi anni, a un nuovo prodotto di uso identico, ma di "nuova generazione". L'esempio

più comune è quello dello smartphone che, a prescindere dalla cura con cui lo si tiene, difficilmente durerà più di 3-4 anni.

Il modello dell'obsolescenza programmata è da considerarsi l'alter ego del modello circolare dell'economia, che, invece, intende concepire i prodotti per farli durare il più a lungo possibile e prevederne la permanenza nel ciclo economico con un "fine vita" nullo, o quantomeno posticipato il più possibile. Fino a qualche decennio fa, è stato possibile per le aziende fare cartello e decidere quanto dovessero durare oggetti di consumo, in modo da incrementare gli acquisti da parte dei consumatori e i propri guadagni. Talvolta, però, nel sabotare volutamente i propri prodotti, le aziende possono spingersi in una pratica illegale. È quello che è successo con alcuni prodotti di Apple e Samsung, sanzionate dall'Antitrust nel 2018 per aver, come recita la sentenza, "realizzato pratiche commerciali scorrette in violazione degli articoli 20, 21, 22 e 24 del Codice del Consumo, in relazione al rilascio di alcuni aggiornamenti del firmware dei cellulari che hanno provocato gravi disfunzioni e ridotto in modo significativo le prestazioni, in tal modo accelerando il processo di sostituzione degli stessi". [16]

1.4.4 PIANO PLURIENNALE PER LO SVILUPPO DELL'ECONOMIA CIRCOLARE CINESE

Nel Luglio 2021 la Cina ha pubblicato un nuovo Piano pluriennale per lo sviluppo dell'economia circolare del Paese, che coprirà il lustro 2021-2025. Il Piano mira a sviluppare l'economia circolare attraverso varie iniziative come la promozione del riciclaggio, della rigenerazione, la progettazione di prodotti verdi e le risorse rinnovabili, con la speranza di aumentare l'efficienza delle risorse, stimolare l'innovazione e rispettare gli impegni climatici.

Lo sviluppo dell'economia circolare è ora priorità nazionale per la Cina e sarà fondamentale per ripulire l'ambiente, rispondere agli obiettivi internazionali sul clima ed incoraggiare l'innovazione green.

Trattandosi della seconda potenza economica mondiale, il Piano pluriennale per l'economia circolare avrà un impatto indiretto su tutte le aziende in affari con la Cina, in particolar modo sui produttori che utilizzano risorse per la produzione, creando scarti.

Il Piano prevede anche incentivi ed agevolazioni per le aziende impegnate in settori come il green tech, il trattamento dei rifiuti e le tecnologie legate al riciclo e contiene una serie di obiettivi che la Cina deve raggiungere entro la fine del 2025.

Entro quel termine il Paese dovrebbe avere implementato totalmente il metodo di produzione circolare, promuovendo ampiamente la tecnologia e la produzione green, e ottimizzando in modo significativo l'utilizzo delle risorse.

La Cina, inoltre, dovrebbe avere consolidato le basi della sua economia circolare, migliorato il suo sistema di riciclo delle risorse per coprire l'intero Paese ed aumentato l'uso delle energie rinnovabili.

Altri obiettivi dichiarati nel Piano sono:

- Aumento della produttività delle risorse del 20% rispetto ai livelli del 2020.
- Riduzione del consumo energetico e idrico, per unità di PIL, rispettivamente del 13,5% e del 16% rispetto ai livelli del 2020.
- Raggiungimento di un tasso di utilizzo dell'86% degli steli di coltura, del 60% dei rifiuti solidi misti e del 60% degli scarti dell'edilizia.
- Utilizzo di 60 milioni di tonnellate di carta da macero e di 320 milioni di tonnellate di rottami d'acciaio.
- Produzione di 20 milioni di tonnellate di metalli non ferrosi riciclati.
- Aumento a 5 trilioni di RMB (773 miliardi di dollari) del valore della produzione dell'industria del riciclaggio delle risorse.

Oltre questi obiettivi, il Piano prevede maggiore regolamentazione e l'applicazione delle politiche stabilite. Nello specifico, richiede di migliorare le leggi, i regolamenti e gli standard riguardanti l'economia circolare, la raccolta delle statistiche, il supporto finanziario e fiscale e il controllo settoriale.

Il Piano rappresenta per la Cina una componente importante della più ampia strategia sul clima, in quanto, dopo decenni di rapida crescita economica, il governo reputa, adesso, prioritario lo sviluppo di un ambiente più pulito.

Nel settembre 2020, il Presidente cinese Xi Jinping ha annunciato che la Cina toccherà il picco delle emissioni di carbone prima del 2030, ma diventerà carbon neutral prima del 2060. Raggiungere questo obiettivo richiederà una trasformazione a livello di società e di economia, considerato che la Cina, nel 2019, ha emesso il 27% dei gas serra del mondo e ha la maggior capacità di carbone installata rispetto a tutto il resto del mondo.

I politici cinesi sperano che il Piano contribuirà a questa trasformazione, insieme ad altre politiche di cambiamento climatico ed ambientale. Tuttavia, la formazione delle politiche interne per raggiungere questi obiettivi rimarrà a carico delle amministrazioni regionali; di conseguenza, gli investitori esteri dovranno mantenersi aggiornati sui prossimi annunci politici delle giurisdizioni in cui operano, nel corso della messa in opera, da parte dei governi locali, degli interventi previsti dal Piano. [17]

Molti altri paesi hanno recentemente pubblicato i loro obiettivi dell'economia circolare e sono in procinto di redigere politiche e regolamenti. Esempi sono il Japan Circular Economy Vision 2020, l'inchiesta e il rapporto del Parlamento australiano "From Rubbish to Resources: Building a Circular Economy", e il Consorzio federale per le batterie avanzate (FCAB), che, tra le altre cose, mira a creare un'economia circolare nazionale per le batterie negli Stati Uniti.

A parte gli elementi regolativi e normativi della teoria istituzionale, come accennato nei precedenti paragrafi, non devono essere trascurati gli elementi culturali-cognitivi.

Centrale per la comprensione del concetto di economia circolare è lo sviluppo di conoscenze, valori, atteggiamenti e comportamenti, che si traducono in azioni positive, che reputano un risultato cruciale l'obiettivo di muoversi verso i rifiuti zero. Il punto di ingresso all'educazione all'economia circolare può avvenire attraverso qualsiasi iniziativa di educazione ambientale esistente, come il risparmio energetico, la gestione dei rifiuti, l'educazione alla biodiversità, il cambiamento climatico, ecc.

Bisogna lavorare su un'educazione e responsabilizzazione dei consumatori; termini come "Circular Economy", "riciclaggio", "minimizzazione dei rifiuti", "Urban Mining", etc.. dovrebbero essere più presenti nel nostro linguaggio e bisogna far sì che si radichi nel consumatore la cultura del riciclo e del risparmio.

Da questo punto di vista giocano un ruolo fondamentale le scuole, le quali formeranno i consumatori del futuro ed hanno il compito di modellare i concetti e i principi dell'economia circolare e rafforzare la visione di un mondo sostenibile. A tal proposito, negli anni sono stati ideati numerosi progetti per sensibilizzare ed educare gli alunni e corsi di formazione per i docenti.

1.5 FATTORI OSTACOLANTI L'ECONOMIA CIRCOLARE

L'implementazione di un modello economico circolare avrebbe diversi vantaggi per l'ambiente, l'economia e le imprese, come già stato ribadito nei precedenti paragrafi. Tuttavia, la crescita di questo modello, nonostante se ne parli da anni, stenta a prendere definitivamente il volo e ad esplodere. Il rapporto del 2021 sui gap di circolarità mostra che l'uso di risorse naturali e le emissioni di carbonio continuano a crescere e che solo il 9 % dell'economia globale è circolare.

I modelli di business dell'economia circolare sono più difficili da sviluppare, poiché la maggior parte degli investitori lavora ancora secondo una logica di economia lineare e talvolta sono necessari ingenti investimenti iniziali. In determinati settori economici e in determinate aree geografiche e culturali, approdare ad un business di tipo circolare può essere uno strappo troppo repentino del vecchio paradigma, al quale il contesto circostante potrebbe non adattarsi tempestivamente. Questo può comportare difficoltà di inserimento in quei mercati che hanno bisogno di maggiore tempo per adattarsi al cambiamento. Le conseguenze possono consistere in difficoltà nel raggiungere economie di scala e quindi nell'essere competitivi e rientrare negli investimenti.

Le tecnologie moderne, attraverso le quali è possibile implementare i nuovi modelli di business circolari, spesso sono molto costose e richiedono investimenti importanti. Una condizione di incertezza e aleatorietà riguardo i volumi di affari crea negli investitori il timore che l'investimento possa non fruttare oppure possa richiedere un payback time troppo lungo. Il progressivo avanzamento del modello economico circolare e il conseguente adattamento dell'industria e dei mercati porteranno alla normalizzazione dei prodotti/servizi circolari, ad un più facile raggiungimento delle economie di scala e ad una diminuzione dell'incertezza attorno alla validità degli investimenti.

In determinati settori, invece, determinante può essere l'effetto Lock-in generato a causa di modelli basati su infrastrutture ad alta intensità di risorse. In questi casi, modificare la struttura delle infrastrutture e del modello di business può essere molto complicato e costoso; si genera così l'effetto Lock-in, fenomeno che si verifica quando si rimane intrappolati perché vincolati da una scelta fatta in precedenza dalla quale è difficile uscire, anche se sono presenti sul mercato alternative potenzialmente più efficienti e vantaggiose. Le aziende sono così impossibilitate a switchare verso modelli di business più vantaggiosi,

perché prigioniere degli investimenti pregressi e dei costi fissi che questi comportano. Altro fattore dell'effetto Lock-in può essere la presenza di esternalità di rete che si creano tra gruppi di imprese operanti nello stesso settore e utilizzanti tecnologie analoghe, per cui il passaggio a nuovi standard tecnologici e a nuovi modelli di business necessita del consenso di tutte le realtà coinvolte. In questo caso, quindi, i costi derivanti dal cambio di paradigma non sono soltanto economici, ma derivano anche dalle difficoltà di coordinamento e allineamento di obiettivi tra i vari attori che operano in un determinato mercato.

Altro fattore sono le esternalità sociali e ambientali, delle quali spesso non si tiene conto nella stima dei prezzi, privilegiando i segnali del mercato finanziario invece del contesto sanitario-ambientale quando vengono prese le decisioni economiche.

Se si vuole oltrepassare questa barriera è necessario che i sussidi che incoraggiano un uso eccessivo delle risorse vengano rimossi e tutte le "esternalità" vengano incorporate nel prezzo delle risorse e dell'energia, abbassando il prezzo nel caso di esternalità positive, come quelle che portano in dote le risorse sostenibili, alzandolo nel caso di risorse che comportano emissioni atmosferiche, esaurimento delle giacenze, etc..

Ulteriore barriera che ostacola l'esplosione del modello circolare è la tendenza delle aziende a ragionare, pianificare e valutare le proprie strategie in un'ottica di breve termine. Le ragioni sono svariate, possono essere legate alla crisi economica o a deficit formativi-culturali che non fanno comprendere a pieno la potenzialità economico-ambientale e l'importanza dell'economia circolare. Sarebbe opportuno, però, assimilare il concetto che il modello lineare non sarà sostenibile in eterno, e che la sua deadline è più vicina di quanto si possa pensare; prepararsi ad approdare ad un nuovo modello economico, quindi, è uno step inevitabile per buona parte delle aziende. Gli investimenti elevati, la domanda di prodotti e alternative circolari ancora esigua, l'incertezza attorno a quello che sarà lo scenario politico-economico, creano scetticismo attorno alle potenzialità del modello circolare e spingono le aziende a ragionare in un'ottica di breve termine. Questo si rivelerà controproducente: cercare di massimizzare il fatturato oggi, senza gettare un occhio al domani e senza prepararsi per la metamorfosi economica e tecnologica, potrebbe rivelarsi letale per alcune aziende; di contro, coloro che agiranno per primi potranno godere di un forte vantaggio da first mover, che permetterà di emergere grazie alle esternalità di rete che si verranno a creare, al "know how" che matureranno in settori ancora inesplorati dalla concorrenza e alla possibilità di raggiungere più facilmente le economie di scala.

Altro fattore che ostacola il modello circolare è la sopravvalutazione di un indicatore come PIL, che è un indice che presenta dei limiti. Il PIL, infatti, non tiene conto delle esternalità, cioè dei costi per la società dovuti ai danni ambientali causati dalla crescita economica: l'ammontare effettivo di crescita può così essere sovrastimato; in altre parole, il PIL può indicare una crescita economica che può fare pensare ad un miglioramento generale dello Stato, ma non tiene conto dei costi impliciti riguardanti i danni alla salute, i danni ambientali, le misure economiche da dover prendere per arginare questi problemi. In maniera analoga vengono, invece, sottovalutate le potenzialità di benessere sociale portate dalle risorse sostenibili, ovvero le esternalità positive che possono risultare da infrastrutture, servizi, istruzione e sanità.

Ulteriore causa ostacolante l'esplosione dell'economia circolare è la carenza di professionisti qualificati con conoscenze tecniche o di tecnologia dell'informazione e della comunicazione. In questo caso, però, trattasi di "cane che si morde la coda", poiché lo sviluppo del modello di economia circolare incentiverebbe la comparsa di tali professionisti e un adeguato sistema di formazione di tali figure.

Questo scritto vuole concentrarsi, però, su un fattore più tecnico, che è ritenuto uno tra gli ostacoli più grandi da abbattere al fine di liberare definitivamente l'esplosione del nuovo modello economico circolare: la cosiddetta "lack of information", cioè la mancanza di informazioni, o meglio di una struttura di condivisione che possa rendere fruibili a tutti gli attori della filiera tutte le informazioni che possano essere necessarie per implementare i loro business model.

1.5.1 LACK OF INFORMATION - MANCANZA DI UN'ADEGUATA RETE DI CONDIVISIONE DELLE INFORMAZIONI

L'enorme divario tra il concetto di economia circolare e la sua attuazione pratica nel settore industriale è riconducibile, principalmente, alla mancanza di informazioni coerenti e precise su risorse, prodotti e processi.

Il modello di economia circolare è per sua natura collegato in rete. Infatti, l'idea di creare un ciclo perenne di materiali o prodotti non coinvolge una singola azienda, ma richiede la partecipazione di un sistema di modelli di business che agiscono coordinati. Poiché in un contesto circolare gli stakeholder sono interdipendenti ma indipendenti, la collaborazione, la comunicazione e il coordinamento sono complessi. La difficile interazione tra gli attori coinvolti può causare flussi imprevedibili, che hanno un effetto diretto sulla quantità, la qualità e la tempistica dei materiali, influenzando la catena del valore di un'azienda. [19]

Per un'efficace implementazione dell'economia circolare, è necessario, quindi, un efficiente flusso di informazioni tra tutti i soggetti coinvolti nel ciclo di vita dei materiali. Questo rappresenta una delle maggiori difficoltà, principalmente a causa delle seguenti ragioni: [3]

- scarsa consapevolezza della necessità di informazioni circolari;
- mancanza di un sistema di condivisione dei valori lungo il ciclo di vita dei materiali;
- incertezza informativa sulle risorse;
- limitata condivisione delle informazioni per paura della concorrenza;
- limitata conoscenza delle risorse che si recuperano alla fine dell'utilizzo

Lo sviluppo di un efficiente flusso circolare di informazioni può essere raggiunto attraverso la creazione di metodi standardizzati per la condivisione delle informazioni lungo il ciclo di vita dei materiali e con piattaforme per permettere lo scambio di queste. A questo scopo, le tecnologie digitali hanno il potenziale per permettere l'integrazione dei dati lungo l'intera catena del valore. La digitalizzazione sembra essere un elemento essenziale sulla strada verso il cambio del paradigma economico. L'implementazione del Product Lifecycle Management, ovvero di un processo di gestione delle informazioni riguardanti il ciclo vita dei prodotti, le loro proprietà e la loro localizzazione, consentirebbe alle aziende di creare una spina dorsale digitale dei processi durante la vita dei loro prodotti, a partire dalla progettazione fino alla produzione, all'assistenza e allo smaltimento o al riutilizzo. Un business circolare ha bisogno di informazioni relative alla posizione, alle condizioni e alla disponibilità dei materiali, così come richiede un coordinamento tra i flussi di materiali e di informazioni. Pertanto, è necessario possedere dati per tracciare i materiali lungo la catena del valore e conoscerne le loro proprietà chimico-fisiche-meccaniche. Un approccio adatto per affrontare questa sfida è la creazione di un'identità digitale dei materiali, cioè un

Passaporto dei Materiali (MP). Il MP può essere considerato come un sistema informativo contenente tutti i dati relativi al ciclo di vita dei materiali. La sua applicazione è ancora una novità e deve essere ulteriormente esplorata nel campo della produzione.

Il corpo principale di questo lavoro di tesi si concentrerà proprio sulla presentazione e sull'implementazione del Material Passport.

CAPITOLO 2

DIGITALIZZAZIONE DELLE INFORMAZIONI

Nel passaggio ad un modello economico circolare le tecnologie digitali giocano un ruolo chiave, sia direttamente che indirettamente. Esse rendono possibile la raccolta e la gestione delle informazioni, compito non facile all'interno di catene del valore complesse e articolate, specie nei modelli di business circolari, dove i componenti o i materiali possono avere "vite multiple" da dover tracciare e documentare.

Altro fattore rilevante, che rende la digitalizzazione una fondamenta del sistema economico circolare, è determinato dal fatto che essa rappresenta la base di svariati modelli di business che hanno nella circolarità e nella sostenibilità la loro Value Proposition.

Sono un esempio i modelli di business "products as a service", che consentono ai clienti di acquistare un servizio o un risultato desiderato, anziché acquistare il prodotto stesso. In questi business la digitalizzazione è fondamentale per connettere il cliente e il fornitore del servizio e garantire a tutte le parti coinvolte una comoda esperienza di acquisto/fornitura del servizio e garanzie sulla sicurezza dei propri interessi.

In aggiunta, lo sviluppo della digitalizzazione e la condivisione totale delle informazioni possono aumentare nei consumatori la consapevolezza che ognuno è parte attiva dell'intera società e che un cambio di abitudini in ogni consumatore può portare benefici tangibili per l'intera comunità.

Negli ultimi decenni i dati e le informazioni sono diventati uno dei beni più preziosi presenti sul mercato. Nel tempo è cresciuta la consapevolezza che dati di qualità scadente portano ad analisi altrettanto scadenti, dati corretti e puntuali portano ad analisi precise, attraverso le quali è possibile comprendere in modo più approfondito le realtà circostanti, con la possibilità di ideare e adottare strategie mirate per target di clientela ben individuati e separati per caratteristiche che li contraddistinguono.

L'Unione Europea si sta adoperando fortemente per la promozione della digitalizzazione, poiché essa è considerata il motore della transizione ecologica. La digitalizzazione è riconosciuta come uno degli strumenti più potenti e necessari per la promozione del cambio del paradigma economico dal modello lineare a quello circolare. A tal fine sono

numerose le misure che l'Unione Europea sta adottando per promuovere la nascita e la diffusione di soluzioni digitali.

La diffusione di queste soluzioni digitali non è un processo semplice e veloce, poiché bisogna fare i conti con alcune complessità che rappresentano barriere molto rilevanti e rallentano il processo di transizione.

Le principali sono:

- l'incertezza nell'evoluzione tecnologica: le tecnologie digitali sono in continua evoluzione e una strategia di digitalizzazione può diventare obsoleta, o comunque soluzione non ottimale, dopo poco tempo;
- la mancanza di risorse finanziarie adeguate;
- la mancanza di una regolamentazione adeguata, completa e che possa abbracciare tutti i settori;
- cyber-security;
- mancanza di competenze e di infrastrutture;
- una tradizionale resistenza al cambiamento.

Nel tempo le aziende hanno cercato di investire sul digitale, nel tentativo di trasformare e potenziare la filiera, seguendo principi ecologici e sostenibili.

La Banca Europea per gli Investimenti (BEI) di recente ha pubblicato un report dal titolo *"Digitalization in Europe 2021-2022: Evidence from the EIB Investment Survey"* nel quale afferma che l'evidenza dei dati indica che durante la pandemia da Covid-19 le imprese che avevano fortemente investito sul digitale sono riuscite ad affrontare meglio il periodo di crisi. Queste aziende hanno subito meno il calo delle vendite che ha colpito l'intera economia mondiale dall'inizio del 2020.

La pandemia, infatti, ha costretto le aziende a modificare i loro business e i loro processi; in questo scenario è stato fondamentale l'apporto di internet, che ha permesso a coloro che possedevano dei sistemi fortemente digitalizzati, non solo di non interrompere le normali attività lavorative, ma talvolta anche di incrementarle andando a conquistare fette di mercato della concorrenza non digitalizzata, che invece ha dovuto arrestarsi.

Queste aziende hanno usato la crisi per accelerare la digitalizzazione, sfruttando al meglio un periodo storico che ha quasi eliminato i contatti umani, facendo emergere di colpo le enormi potenzialità del digitale. Tali aziende si sono rivelate, in media, più produttive,

innovative, hanno registrato una crescita maggiore dei competitors e sono state in grado di offrire salari più alti ai propri dipendenti.

Dal rapporto emerge, però, che le aziende più piccole che non hanno saputo o potuto digitalizzarsi rischiano fortemente di rimanere indietro. Il pericolo è che si formi un gap incolmabile che sancisca la morte delle piccole realtà che non riescono a stare al passo con il cambiamento.

Allo stato attuale circa il 20% delle aziende in Europa non sono digitali e non possiedono piani di investimento nelle tecnologie digitali. In queste realtà viene data priorità agli asset fisici quali macchinari, edifici e attrezzature, talvolta a causa di una forma mentis limitata, talvolta perchè non sussistono le condizioni economiche per poter fare un passo oltre, verso il futuro.

A tal proposito sono, quindi, necessari degli interventi mirati a sostenere le piccole e medie imprese verso il processo di digitalizzazione.

Nel già citato report, la Banca Europea per gli investimenti propone i seguenti punti, rivolgendosi ai policy maker:

- sostegno finanziario mirato per le piccole e medie imprese, che durante la pandemia si è dimostrata una mossa efficace per aumentare la loro disponibilità a intraprendere investimenti trasformativi
- per le imprese non digitali, una consulenza sui finanziamenti e una regolamentazione coerente per sostenere i loro investimenti digitali
- il miglioramento delle competenze e la riqualificazione per affrontare l'incombente problema della ricollocazione nel mercato del lavoro, evitando che i lavoratori rimangano intrappolati in aziende che non riescono ad adattarsi. [32]

Uno dei principali obiettivi dell'Unione Europea consiste nel far ripartire il Continente dopo la pandemia da Covid-19, ricostruendo "un'Europa più verde, più digitale e più resiliente" [33]

Per farlo si avvarrà del "*Programma Europa Digitale*", il quale, con un budget previsto di 7,5 miliardi di euro, fornirà finanziamenti per cinque settori cruciali: [34]

- supercalcolo
- intelligenza artificiale

- cybersicurezza
- competenze digitali avanzate
- competenze digitali avanzate mirate a garantire un uso diffuso delle tecnologie digitali nell'economia e nella società

Il programma mira ad accelerare la ripresa economica ed a promuovere la trasformazione digitale della società e dell'economia europea, sostenendo soprattutto le piccole e medie imprese in questo processo di trasformazione. Parallelamente al *Programma Europa Digitale*, l'Unione Europea integrerà ulteriori finanziamenti attraverso altri programmi, come il programma *Orizzonte Europa* per la ricerca e l'innovazione ed il programma *Next Generation EU Recovery Plan*, dal quale deriva il *PNRR* italiano.

All'interno dell'Unione Europea il Material Passport gode di grande considerazione ed è ritenuto uno strumento chiave per far progredire la digitalizzazione ed agevolare il sistema circolare, con l'obiettivo di raggiungere quota zero emissioni di CO2 entro il 2050.

Non esistendo un piano strategico univoco e universale, in passato le normative e le tecnologie specifiche per questo prodotto si sono sviluppate separatamente, con conseguenti gap tecnologici tra i diversi Stati e tra i diversi settori.

E' necessario creare un sistema in cui i dati che costituiscono la base per il Material Passport possano essere condivisi per tutta la value chain, in modo da sfruttare la loro duttilità di utilizzo e il loro potenziale.

Al fine di regolamentare il processo di condivisione dei dati, l'Unione Europea nel Febbraio 2022 ha adottato il *Data Act*, un regolamento che illustra le condizioni generali con cui imprese e consumatori potranno trasferirsi informazioni. Il *Data Act* chiarisce chi può creare valore dai dati e sotto quali condizioni, stabilendo regole sull'uso equo e trasparente dei dati generati dai dispositivi Internet of Things. [35]

Altra azione portata avanti dall'Unione Europea in termini di digitalizzazione e sicurezza è il *Digital Services Act*, una legge che si applica a tutti gli intermediari online e regola i contenuti in rete, equiparando la severità delle sanzioni tra i reati commessi online e quelli offline. Lo scopo è quello di garantire la protezione dei diritti fondamentali degli utenti e di proteggere lo spazio digitale dalla diffusione di contenuti illegali, identificando gli attori che vi operano all'interno, potendo, così, fornire alle autorità competenti i dati per poter garantire la sicurezza. [44]

2.1. RELAZIONE TRA DIGITALIZZAZIONE E SOSTENIBILITA'

La relazione tra digitalizzazione e sostenibilità è un tema che suscita grande interesse dal punto di vista delle politiche economiche e strategiche. Ne è una dimostrazione il *PNRR* (Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza) italiano, che alloca il 37% cento dei fondi a misure che promuovono la transizione verso la green economy e il 20% alla digitalizzazione delle imprese.

La correlazione tra sostenibilità e digitalizzazione è un fenomeno sotto la lente di ingrandimento, sul quale si sta cercando di avere più chiarezza.

Appare ormai assodato che le tecnologie digitali possono contribuire a rendere le imprese più sostenibili, tramite la condivisione di dati in apposite piattaforme che possano renderli accessibili alle diverse entità che popolano lo scenario economico. La corretta condivisione di queste informazioni, ad esempio, può consentire il monitoraggio del consumo di risorse o delle emissioni di CO2 e gas serra.

Ulteriore contributo che la digitalizzazione può apportare al percorso verso un'economia sostenibile è rappresentato dalla capacità di ridurre le barriere che le innovazioni sostenibili incontrano nella loro implementazione. Un esempio è quello delle turbine eoliche che consentono di ricavare energia pulita dal vento. La produzione di questo tipo di energia dipende molto dalle condizioni atmosferiche; tramite l'intelligenza artificiale si possono sviluppare algoritmi in grado di generare reti elettriche intelligenti, che possono stabilizzare la produzione di energia elettrica tramite l'utilizzo di previsioni metereologiche precise.

Allo stesso modo, anche i sensori IoT (Internet of Things), che rilevano e processano continuamente dati riguardanti gli oggetti o i dispositivi sui quali sono applicati, possono rilevare e prevenire guasti e perdite, riducendo gli sprechi e i malfunzionamenti.

Altro strumento digitale a sostegno della sostenibilità è la tecnologia blockchain, utilizzabile anche nel settore food, la quale permette di tracciare prodotti e materie prime, ottenendo così garanzie sulla loro provenienza, sulla loro sostenibilità e permettendo di gestire i flussi al fine di ridurre gli sprechi alimentari e aumentare la trasparenza della catena di approvvigionamento.

La digitalizzazione è fondamentale per implementare il cambio di paradigma economico, perché costituisce uno strumento potentissimo per ridurre i consumi di risorse e per aumentarne l'efficienza degli impieghi.

Essa deve contribuire a promuovere la simbiosi industriale, in cui gli attori traggono benefici dalla condivisione di informazioni e di materiali di scarto, dando loro seconde vite utili.

2.2. PARADOSSO DELLA DIGITALIZZAZIONE: AUMENTANO I CONSUMI DI ENERGIA ELETTRICA

Appare ormai evidente che la tecnologia e la digitalizzazione sono elementi fondamentali per lo sviluppo di un sistema economico evoluto, circolare e sostenibile.

Tuttavia, attorno al tema della digitalizzazione è corretto fare degli attenti bilanci di sostenibilità prima di affermare con certezza che essa sia uno strumento sostenibile al 100%.

A primo impatto, infatti, si tende a sottovalutare l'impatto ambientale causato dal crescere della produzione e dell'utilizzo delle tecnologie digitali.

Nel 2007 le emissioni di gas serra allocabili alle tecnologie digitali erano pari all'1,6%, nel 2020 il valore era al 3,6% e si stima che nel 2025 raggiungerà l'8,5%. [43]

Computer, data center, server, dispositivi elettronici e tutta l'infrastruttura Ict in generale hanno bisogno costantemente di una mole elevata di energia elettrica per raccogliere, immagazzinare, elaborare e trasmettere dati. Inizialmente le apparecchiature elettroniche erano dispositivi isolati, che immagazzinavano ed elaboravano input inseriti manualmente dall'uomo. Lo sviluppo tecnologico ha portato all'interattività e all'interconnessione del mondo intero e adesso vi è una connessione continua e simultanea di informazioni che continuamente viaggiano per il nostro Pianeta, richiedendo un dispendio energetico molto elevato.

Un esempio sono i grandi data center, sparsi in tutto il Pianeta, il cui consumo energetico è notevole a causa dell'enorme mole di dati da processare, archiviare e analizzare, oltre all'energia necessaria per raffreddare gli impianti per contrastare l'enorme calore da essi stessi generato.

Appare ovvio, quindi, che se realmente si vogliono inseguire obiettivi di sostenibilità e circolarità, è necessario utilizzare data center e fornitori di servizi cloud che siano alimentati da fonti di energia sostenibili e rinnovabili, favorendo, così, realmente l'abbattimento delle emissioni.

Altra problematica che lega i dispositivi digitali alla generazione di esternalità negative sorge al momento della produzione di tali dispositivi. Essa, infatti richiede un elevato consumo di acqua e combustibili fossili, oltre che l'utilizzo di minerali rari, per i quali l'estrazione e l'elaborazione comportano l'utilizzo di acidi e altri liquidi dannosi, creando un ulteriore problema di smaltimento.

Infine, vi è anche un problema legato al fine del ciclo vita di questi dispositivi. La continua diffusione dei dispositivi digitali, la continua evoluzione che dà alla luce tecnologie sempre più avanzate di quelle precedenti, l'obsolescenza programmata che riduce la vita utile degli apparecchi e induce i consumatori ad un maggiore acquisto, sono tutti fattori che contribuiscono alla crescita dei consumi e, conseguentemente, alla crescita dei rifiuti elettronici. In Europa i rifiuti elettronici crescono del 5% annuo, un dato esorbitante se si pensa che corrisponde al triplo del tasso di crescita annuo dei rifiuti in generale. [43] Oltretutto il riciclo di questi dispositivi è molto complicato date le dimensioni sempre più ridotte dei dispositivi, talvolta microscopici.

In conclusione, la digitalizzazione ha le potenzialità per consentire il passaggio ad un'economia circolare nel nome della sostenibilità. Tuttavia, i benefici che essa può portare possono essere ridotti o addirittura totalmente annullati dal dispendio energetico e di risorse che la digitalizzazione e tutto quello che le orbita attorno richiedono. Per sfruttare a pieno il potenziale della digitalizzazione per fini di sostenibilità, è fondamentale, quindi, che venga utilizzata energia proveniente da fonti rinnovabili. Per fare ciò è necessario ampliare ancora di più la capacità produttiva di energia pulita e incentivare sempre più lo sviluppo di tecnologie in grado di massimizzare i benefici ottenibili dalle fonti rinnovabili.

CAPITOLO 3

MATERIAL PASSPORT: UNO STRUMENTO DIGITALE PER ABBATTERE LE BARRIERE INFORMATIVE

Si presenta, adesso, il concetto di Material Passport, già citato al termine del primo capitolo di questo testo.

L'idea chiave è quella di tracciare le informazioni relative ai prodotti/materiali lungo tutte le fasi del ciclo di vita attraverso la digitalizzazione e il trasferimento delle proprietà del prodotto/materiale tra i vari stakeholders della filiera, memorizzando tali informazioni in un passaporto digitale che nasce nella prima fase di approvvigionamento e poi viene propagato e aggiornato nelle fasi successive del ciclo di vita.

A partire dalla fase di sourcing, le informazioni sul materiale sono memorizzate in un file, cioè il Material Passport, che si aggiornerà seguendo il destino del prodotto fisico. Da questa fase iniziale il materiale procederà verso le fasi successive e ogni stakeholder ricevente aggiornerà il file in base alle sue informazioni di lavoro. In questo modo, un singolo MP si diffonde in più MP, generando una ramificazione di MP che seguiranno diverse strade all'interno della supply chain. Così si consentirà a più parti interessate di interagire con le informazioni sul prodotto a più livelli; alcuni attori potranno accedere e leggere i dati, mentre altri saranno in grado di scrivere dati nel passaporto, consentendo e supportando in tal modo la propagazione delle informazioni necessarie al modello di business circolare in questione. Questo strumento può rappresentare la chiave per far decollare il sistema economico circolare e per rendere finalmente scalabile il mercato.

L'obiettivo è quello di documentare e tracciare il potenziale circolare dei materiali, dei prodotti e dei sistemi, fornendo alle parti interessate informazioni accurate su diversi aspetti legati al design circolare dei prodotti, compresa la loro composizione.

Questo strumento consentirebbe di raccogliere dati completi su prodotti, processi e risorse in ogni fase della vita del prodotto per tutti gli attori coinvolti, al fine di documentare e tracciare il potenziale circolare di materiali, prodotti e sistemi fornendo informazioni accurate per il recupero e il riutilizzo. Il MP può raccogliere e integrare qualsiasi informazione, comprese quelle ambientali, per stimolare un riciclo di alta qualità o un migliore riutilizzo di componenti o prodotti.

In ogni fase della catena del valore, dalla produzione all'acquisto, dall'utilizzo alla manutenzione, vi è un impatto sui prodotti, sui sistemi e sul loro potenziale di recupero del valore. Il Material Passport rende disponibili informazioni relative a tutte queste fasi. Così facendo si aggirerà una delle maggiori barriere che ostacolano il passaggio totale dal modello di economia lineare a quello circolare: la mancanza di trasparenza delle informazioni sulle composizioni dei prodotti e sul potenziale circolare di questi e dei processi produttivi annessi.

I benefici che il Material Passport possono portare all'intero ecosistema sono elevati, sia in termini economici, sia in termini di sostenibilità ambientale, che in termini sociali.

Tuttavia, per rendere efficiente il sistema informativo è necessaria una completa digitalizzazione delle informazioni, che devono essere facilmente accessibili, aggiornate in tempo reale, sicure ed affidabili. E' necessario creare un sistema digitale che possa raccogliere e immagazzinare i dati, che renda agevole la loro consultazione e che possa prevedere un aggiornamento facile ma allo stesso tempo sicuro e certificato.

Creando trasparenza sull'impatto dei materiali e dei processi nel ciclo di vita del prodotto, i dati digitali possono essere non solo un fattore chiave dell'economia circolare, ma anche un fattore di crescita per i consumatori, i quali saranno più consapevoli delle dinamiche dell'economia circolare e della loro importanza.

All'interno dell'Unione Europea il Material Passport gode di grande considerazione ed è ritenuto uno strumento chiave per far progredire la digitalizzazione ed agevolare il sistema circolare, con l'obiettivo di raggiungere quota zero emissioni di CO2 entro il 2050.

Non esistendo un piano strategico univoco e universale, in passato le normative e le tecnologie specifiche per questo prodotto si sono sviluppate separatamente, con conseguenti gap tecnologici tra i diversi Stati e tra i diversi settori.

E' necessario creare un sistema in cui i dati che costituiscono la base per il Material Passport possano essere condivisi per tutta la value chain, in modo da sfruttare la loro duttilità di utilizzo e il loro potenziale.

Al fine di regolamentare il processo di condivisione dei dati, l'Unione Europea nel Febbraio 2022 ha adottato il *Data Act*, un regolamento che illustra le condizioni generali con cui imprese e consumatori potranno trasferirsi informazioni. Il Data Act chiarisce chi può

creare valore dai dati e sotto quali condizioni, stabilendo regole sull'uso equo e trasparente dei dati generati dai dispositivi Internet of Things. [35]

Nei prossimi paragrafi verrà approfondito il tema del MP, ponendo il focus sulle prime applicazioni e la metodologia di stesura.

3.1 OPPORTUNITA' LEGATE AL MATERIAL PASSPORT

Il Material Passport consiste in una sorta di "carta di identità" di un prodotto o una costruzione e di tutti i materiali che li compongono. Analogamente ad un passaporto comune, che fornisce informazioni personali sull'identità di qualcuno, il Material Passport fornisce dettagli sulle specifiche dei materiali, mettendo insieme e armonizzando i dati che descrivono le caratteristiche definite dei materiali, il loro valore per il recupero, il riciclaggio e il riutilizzo. Un ambiente costruito per seguire un modello circolare richiede dati dettagliati per comprendere e consentire la chiusura dei flussi di materiali. Di conseguenza il concetto di passaporto dei materiali è di cruciale importanza.

Tali record di dati renderanno molto più facile recuperare e riciclare materiali preziosi alla fine del ciclo di vita dei prodotti o delle costruzioni nel caso di edifici, evitando la loro trasformazione in rifiuti durante la fase di smaltimento nel caso dei prodotti e di demolizione o ristrutturazione nel caso di un edificio.

I Material Passports sono strumenti che possono contribuire a ridurre le barriere informative e finanziarie legate al riutilizzo delle materie prime. La loro value proposition consiste nella riduzione dei costi, compresi i costi d'approvvigionamento, i costi per i test finalizzati a conoscere le proprietà dei materiali, i costi per il ricondizionamento e alcuni costi di fabbricazione.

La disponibilità di dati permette di identificare opportunità nascoste o inesplorate, poiché i dati raccolti consentono tre attività principali:

- la quantificazione del potenziale di nuove strategie sostenibili;
- l'identificazione in anticipo delle probabili barriere;
- la fornitura di indicazioni sulle soluzioni adatte sia per implementare queste strategie sia per superare i limiti.

In passato la mancanza di questi dati ha limitato l'attuazione delle strategie di economia circolare solo ad alcune funzioni aziendali o a cerchie ristrette di attori della stessa catena di fornitura che possedevano rapporti consolidati. Il vantaggio che i Material Passports possono portare è una notevole riduzione del rischio di investimento nell'ambito dell'economia circolare e una maggiore diffusione di quest'ultima.

I Material Passports registrano la composizione materiale di un prodotto o di un edificio attraverso la documentazione di quantità come il peso, volume, dimensioni e ubicazione dei materiali all'interno di una struttura, al fine di fungere da strumento efficace per misurare il potenziale di questo stock di materiali per un futuro riutilizzo o riciclo. Ulteriori informazioni qualitative possono riguardare la tossicità dei componenti.

Altro elemento centrale è la valutazione della circolarità di un prodotto o di un edificio attraverso indicatori di circolarità in grado di valutare la capacità di reintrodurre questi materiali nel ciclo economico.

3.2 PROGETTI ATTUALI

3.2.1 APPLICAZIONI NEL SETTORE EDILE

Il settore dell'edilizia è responsabile di circa il 40% del consumo di risorse materiali (in massa) e il 40% della produzione di rifiuti (in volume). Solo il 20-30% dei rifiuti da costruzione e demolizione viene riciclato o riutilizzato, sottolineando così l'importanza di ottimizzare la fase di fine vita degli edifici.

In quanto più grande utilizzatore di risorse e il più grande produttore di rifiuti, il settore edile ha un ruolo importante nel ridurre il loro impatto sul nostro pianeta. Essendo il settore dal maggiore impatto negativo, per il rovescio della medaglia rappresenta anche quello dal più elevato potenziale di circolarità ancora inespresso, al quale i Material Passports possono dare un contributo importante per la definitiva esplosione.

In un'ottica circolare, cambia la prospettiva di considerazione degli edifici, che non sono più impianti finiti da utilizzare e demolire alla fine del loro ciclo vita, ma vengono adesso concepiti come depositi di materiali. Cambia radicalmente il modo in cui le risorse devono essere gestite nell'industria delle costruzioni e negli altri business orbitali.

Analogamente a quanto succede nei magazzini, gli edifici e le città dovranno tenere traccia delle scorte e dei flussi dei materiali, documentando e comunicando al momento opportuno quali materiali, in quali quantità e qualità si rendono disponibili per il riutilizzo o il riciclaggio, localizzandoli geograficamente e prevedendo in quale momento futuro questi saranno disponibili.

I materiali sono preziosi se sono accessibili, funzionali ed attraenti. Ciò richiede che i materiali o prodotti da costruzione possano essere rimossi da un edificio dopo la loro prima vita utile con il minimo sforzo e senza intaccare la loro qualità.

La promozione di un'economia circolare nel settore edile richiede una grande quantità di informazioni. Alcune delle informazioni sono già disponibili, ma non sono agglomerate e facili da reperire insieme, bensì archiviate in diversi database. Altri tipi di informazioni sono, invece, semplicemente sconosciute o non sono disponibili pubblicamente a causa della protezione dei diritti di proprietà intellettuale da parte di chi le ha elaborate. A complicare le cose si aggiunge il fatto che gli edifici e le infrastrutture tendono a durare a lungo, rispetto ad altri prodotti, e possono avere profili di proprietà e di occupazione multipli nel corso del loro ciclo di vita.

Il Material Passport è legato ad un edificio specifico ed alla sua storia. Di esso fornisce un inventario dettagliato di tutti i materiali, i componenti e i prodotti utilizzati, nonché informazioni dettagliate su quantità, qualità, dimensioni e ubicazione di tutti i materiali.

Uno degli aspetti da attenzionare riguarda le proprietà fisiche, le quali variano a seconda del tipo di prodotto o materiale ed in relazione a questi devono essere analizzate in un modo piuttosto che in un altro. Ad esempio, la resistenza alla trazione è un tipo di informazione importante per gli elementi strutturali come le travi in acciaio, ma meno per quanto riguarda la pavimentazione o gli infissi, per i quali è più utile conoscere la durezza o il coefficiente di imbibizione, cioè la percentuale di assorbimento dei liquidi in determinate condizioni.

Altre caratteristiche importanti da conoscere sono quelle che riguardano le proprietà chimiche. Tornando al caso delle pavimentazioni, è interessante conoscere, ad esempio, le reazioni che possono avere a determinati trattamenti con prodotti chimici, specie quelli utilizzati per la manutenzione e la pulizia, e il loro effetto sulla qualità dell'aria interna, legato all'eventuale esalazione di vapori pericolosi.

Avere informazioni sulle proprietà chimiche dei materiali è un fattore molto importante, soprattutto per essere informati sui rischi per l'ambiente e per l'uomo, sulla riutilizzabilità di quel determinato materiale e su quali trattamenti sono più idonei in relazione a quella che è stata la storia di quel materiale.

Altro aspetto meritevole di attenzione sono le proprietà biologiche, come informazioni sul potenziale trattamento o sulla biodegradabilità, aspetti rilevanti per future opzioni di seconda vita all'interno del ciclo biologico.

Per Material Health, ancora, si intende l'impatto dei prodotti su salute e ambiente. Secondo uno studio, pubblicato dal Lawrence Berkley National Laboratory, condotto con un sondaggio su un campione di quasi 10.000 intervistati, le persone trascorrono circa il 90% del loro tempo in ambienti chiusi. Il comfort degli abitanti dell'edificio gioca, quindi, un ruolo fondamentale per il benessere e la salute delle persone e per tal motivo per i progettisti, gli investitori e altri attori chiave nella catena del valore, la salute e il comfort delle persone sono diventati un criterio importante da porre come punto cardine in fase di pianificazione dell'usabilità di un edificio. Il comfort personale è influenzato da fattori quali:

- comfort termico (ad es. temperatura, umidità)
- comfort acustico (ad es. trasferimento di suoni)
- comfort visivo (ad es. finestre)
- qualità dell'aria interna (ad es. influenzata dalla scelta dei materiali)
- qualità dell'aria esterna
- Altri

Questi fattori, in particolare la qualità dell'aria interna, possono essere sostanzialmente influenzati dalla qualità e dalle caratteristiche dei materiali scelti. Le correlazioni tra i materiali presenti negli edifici ed il benessere di chi li occupa si riversano in aspetti sociali ed economici: una scelta saggia nei materiali da costruzione, per esempio, può avere un'influenza positiva sulla riduzione del numero di giorni di malattia del personale lavorativo, migliorando, così, la produttività della manodopera. Inoltre, come più volte ribadito in questo testo, attraverso scelte oculate dei materiali da costruzione può essere ottimizzata la decostruzione e la riciclabilità di un edificio.

L'obiettivo è quello di eliminare le sostanze potenzialmente pericolose. Inoltre, se la conoscenza scientifica dovesse cambiare nel tempo, ad esempio, scoprendo la pericolosità

di sostanze in precedenza considerate innocue, allora le fonti di pericolo possono essere facilmente localizzate nell'edificio perché la posizione è nota e documentata nel passaporto dell'edificio.

Sono molteplici i benefici che il Material Passport può portare nel campo dell'edilizia: [23]

- all'edificio si affianca un "gemello digitale" che comprende tutti i materiali da cui è costituito, comprese info sulla loro qualità;
- un passaporto per materiali da costruzione fornisce a ogni materiale un'identità che può essere utilizzata con svariate finalità;
- riduzione degli sprechi;
- diminuzione del consumo di materie prime vergini;
- i problemi associati alla tossicità dei materiali possono essere risolti molto più facilmente, andando a prevenire il pericolo;
- incentiva le catene di approvvigionamento a produrre materiali e prodotti da costruzione sostenibili e circolari;
- aiuta gli sviluppatori immobiliari e urbani a selezionare materiali da costruzione più sostenibili e circolari;
- promuove la logistica inversa e il recupero e il riutilizzo di prodotti e materiali.

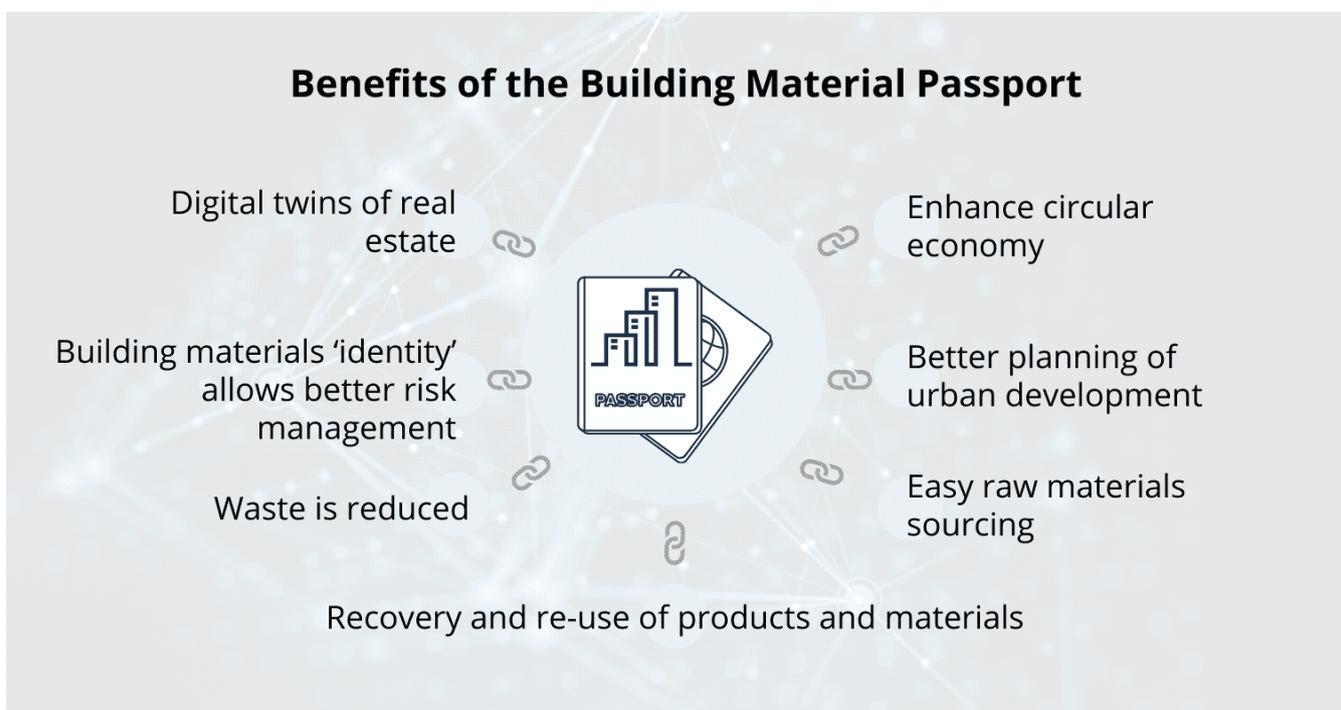


Figura 4: Benefici che il Material Passport può portare nel settore edilizio [23]

È il momento, quindi, di introdurre il concetto di “Urban Mining”. Il termine è stato coniato in seguito all'affermazione di Jane Jacobs nel 1969, secondo la quale le città del futuro "diventeranno enormi, ricche e miniere di materie prime". Il concetto di Urban Mining nasce nell'ambito del recupero di metalli come il rame nelle discariche delle città, ma si può estendere a qualsiasi accezione del concetto di recupero e riciclo. Esso concepisce le città come miniere da cui attingere le materie prime o i componenti per future costruzioni e installazioni. Ogni componente di un edificio, quindi, prescinde dalla durata dell'edificio stesso, poiché al termine della vita utile di quest'ultimo, il componente verrà disassemblato e diventerà parte integrante di una nuova costruzione.

Oggi, la quantità già estratta e in giro per il pianeta di diversi metalli e minerali ha superato le rispettive giacenze nelle riserve naturali, un argomento significativo a sostegno dello sviluppo di nuove tecnologie e strategie per l'estrazione urbana alla luce dell'aumento dei prezzi delle materie prime e della volatilità dei prezzi.

Tuttavia, se da un lato i processi di estrazione dello stock esistente possono far avanzare la transizione dall'uso lineare a quello circolare dei materiali, le future costruzioni all'interno di un'economia circolare devono essere intese già come depositi di materiali in cui un riutilizzo e un riciclo efficace e diretto di tutti i componenti è garantito dalla progettazione. A questo proposito, i parametri chiave da tenere come faro in fase di progettazione sono:

- una progettazione per lo smontaggio;
- una progettazione per l'adattabilità;
- l'uso di componenti di alta qualità, non tossici e circolari. [22]

Affinché le città del futuro siano concepite secondo i principi dell'economia circolare e dell'Urban Mining, quindi, è fondamentale la fase di progettazione, nella quale bisogna ragionare seguendo schemi a ritroso che partano dalle esigenze che sorgeranno in fase di demolizione/smontaggio e si incastrino con l'architettura e le funzionalità richieste dall'edificio che si sta progettando.

Negli ultimi anni sono state sviluppate diverse soluzioni che sono in procinto di raggiungere o hanno appena raggiunto il mercato. All'interno dell'Unione Europea, diversi consorzi di

ricerca stanno attualmente lavorando sullo sviluppo di metodologie appropriate e di indicatori di circolarità, come ad esempio il progetto BAMB o il progetto BIMaterial.

3.1.2.1. PROGETTO BAMB

Si tratta di un'iniziativa lanciata nel settembre 2015 nell'ambito del programma Horizon 2020, un programma creato e finanziato dalla Commissione Europea, con un budget di circa 10 milioni di euro, per sostenere e promuovere la ricerca e lo sviluppo tecnologico, che mira a colmare l'attuale lacuna informativa e a fornire strumenti rilevanti per imporre all'industria edilizia il passaggio a un'economia circolare, consentendo agli utenti di identificare il potenziale di valore lungo tutto il ciclo di vita dell'edificio, dalla progettazione alla costruzione, passando per l'occupazione, le riparazioni, le ristrutturazioni, il riutilizzo e la dismissione, e fornendo una capacità continua di tracciare la qualità e le modifiche di componenti e materiali.

Il progetto coinvolge 15 partner (Figura 5) provenienti da 8 diversi Paesi dell'UE e riguarda l'utilizzo del Material Passport nel settore edilizio. L'acronimo BAMB sta, infatti, per "Buildings As Materials Banks".

All'interno del progetto BAMB i passaporti dei materiali sono definiti come: *"insiemi digitali di dati che descrivono caratteristiche definite di materiali e componenti in prodotti e sistemi che danno loro valore per l'uso attuale, il recupero e il riutilizzo. I passaporti dei materiali sono uno strumento informativo ed educativo che affronta questioni spesso non coperte da altri documenti o certificazioni relative ai prodotti da costruzione, soprattutto in relazione alla circolarità dei prodotti. I passaporti dei materiali non valutano l'output dei dati e non sono un valutatore dei dati. Al contrario, forniscono informazioni che supportano la valutazione e la certificazione da parte di altre parti e consentono di inserire nel passaporto le valutazioni e le certificazioni esistenti come documenti caricati"*. [24]



Figura 5: Logo del progetto BAMB [25]



Figura 6: Partners del progetto BAMB [25]

Un efficace recupero e riutilizzo di componenti, prodotti o materiali negli edifici richiede che le informazioni siano facilmente reperibili, affidabili e sicure. Queste informazioni sono fondamentali per la scelta di materiali, prodotti e componenti che devono essere poi riutilizzati.

I Passaporti dei Materiali elettronici sviluppati nel BAMB mirano ad essere uno sportello unico per le informazioni sui materiali comprendente insiemi di dati che descrivono caratteristiche specifiche dei componenti strutturali degli edifici, che conferiscono loro valore per il recupero e il riutilizzo.

I Passaporti dei Materiali BAMB mirano a:

- aumentare il valore o mantenere il valore di materiali, prodotti e componenti nel tempo;
- creare incentivi per i fornitori a produrre materiali/prodotti edili sani, sostenibili e circolari;
- sostenere le scelte dei materiali nei progetti di Reversible Building Design;
- facilitare la scelta di materiali da costruzione sani, sostenibili e circolari da parte di committenti, gestori e ristrutturatori;
- facilitare la logistica inversa e il ritiro di prodotti, materiali e componenti.

Il progetto BAMB attua i principi della gerarchia dei rifiuti: prevenzione dei rifiuti, loro riutilizzo e riciclaggio. La chiave è migliorare il valore dei materiali utilizzati negli edifici per il recupero. Questo obiettivo viene raggiunto sviluppando e integrando due strutture complementari che aggiungono valore: i passaporti dei materiali e la progettazione reversibile degli edifici.

La fase di progettazione, adesso, diventa più che mai fondamentale perché si passa dalla concezione di una progettazione edilizia convenzionale “dalla culla alla tomba”, ad una progettazione che deve prevedere il fine vita dell’edificio prima ancora della sua ideazione. Al fine di promuovere l’estensione del fine vita degli edifici, o meglio dei loro componenti, è fondamentale ragionare già in fase di progettazione con un’ottica futura, che predisponga l’edificio ad un facile disassemblamento e ad un facile riutilizzo dei suoi componenti. A tal fine è opportuno prediligere un’architettura di tipo modulare ed una scelta dei materiali oculata e che possa ottimizzare il tasso di riutilizzo futuro.

Esistono già alcuni passaporti dei materiali e altri modi per raccogliere informazioni sui materiali e sui prodotti da costruzione, ad esempio i database dei materiali, ma nessuno ha la piena capacità di supportare un uso circolare dei materiali sostenibili.

I Passaporti dei Materiali sviluppati nel BAMB hanno il potenziale per incorporare i meccanismi esistenti come TDS, MSDS, EPD, Bill of Materials, Bill of Substances, ecc...

In questo modo si evita di riprodurre i dati e di “reinventare la ruota”, che è una delle maggiori preoccupazioni dei produttori e dei loro fornitori, i quali ricopriranno un ruolo fondamentale nella compilazione dei passaporti.

3.1.2.2 PROGETTO BIMATERIAL

Altra iniziativa che comprende e promuove l’utilizzo del Material Passport è il progetto “BIMaterial - Process design for a BIM-based Material Passport” (Figura 7), del Ministero Federale Austriaco per i Trasporti, l’Innovazione e la Tecnologia (BMVIT). [26]

The logo for the BIMaterial project features the word "BIMATERIAL" in a bold, sans-serif font. The letters "BIM" are significantly larger and more prominent than the letters "ATERIAL".

Figura 7: Logo del progetto BIMaterial

Lo scopo del progetto è quello di sviluppare un metodo per la generazione semiautomatica del Material Passport basato sul BIM.

L'acronimo BIM sta per "Building Information Modeling" e consiste in un software al cui interno si trovano immagini tridimensionali degli edifici, le quali contengono informazioni sulle geometrie degli edifici e sui materiali di cui questi sono composti. Tramite i modelli BIM è possibile ottimizzare i cicli vita degli edifici attraverso la modellazione e l'analisi di queste informazioni.

Il metodo sul quale si basa il progetto BIMaterial consiste nell'accoppiamento dei modelli BIM con un database contenente i Material Passports dei materiali/componenti/prodotti/sistemi presenti nell'edificio. Il software BIM, a questo punto, comunica col software BuildingOne, il quale funge da strumento di analisi, attraverso il calcolo di eco-indicatori e del potenziale di riciclaggio dell'edificio. Il sistema, infatti, mette a confronto la massa riciclabile con la massa di rifiuti causata dall'edificio e attribuisce dei valori coerenti con una scala prestabilita. Un materiale con grado di riciclaggio 1 rappresenta un potenziale di riciclaggio del 75% e un 25% di rifiuti generati; un grado di riciclaggio 5 comporta lo 0% di materiale riciclato e il 125% di scarto generato, col l'incremento del 25% che sta ad indicare scarti aggiuntivi causati da materiali ausiliari necessari per lo smaltimento.

Nel calcolo dei gradi di riciclabilità un ruolo preponderante è ricoperto dalla separabilità, la quale è un ostacolo al processo di recupero; pertanto, quando vi sono dei materiali incollati o assemblati in modi tali da complicare il recupero, vi è un declassamento rispetto a quello che sarebbe stato l'originale grado di riciclabilità.

La fase successiva vede ripetere il calcolo dei gradi di riciclabilità spostando il focus sul successivo livello gerarchico, con un upscaling che termina quando si arriva al macrolivello dell'edificio.

A questo punto viene calcolato un indicatore di smaltimento dell'edificio che tiene conto, in proporzione, dei volumi dei componenti e dei relativi gradi di riciclabilità.

Quando vengono apportate modifiche all'edificio reale e al corrispondente modello BIM, si attiva un meccanismo di sincronizzazione automatica che aggiorna i dati anche nel modello BuildingOne.

Il risultato finale mostra la composizione materiale complessiva dell'edificio, comprese le proporzioni di materiale riciclabile e materiale di scarto e i parametri che descrivono l'impatto ecologico dell'edificio, quali GWP (che misura l'impatto sul riscaldamento globale e sull'emissione di CO₂), AP (potenziale di acidificazione di suolo e acque) e PEI (consumi di energia primaria necessaria). [27]

Il Material Passport associato al modello BIM è uno strumento molto prezioso, che può rivelarsi utile in diverse fasi della vita dell'edificio.

Nella fase di pre-progettazione può essere usato per effettuare studi su diverse varianti proposte, al fine di selezionare quella ottimale. In questa fase è possibile confrontare due o più modelli che presentano lo stesso edificio composto da materiali diversi ed individuare l'alternativa col grado di riciclabilità maggiore.

Nella fase di progettazione è possibile attuare alcune modifiche, ad esempio sugli spessori degli strati, al fine di ottimizzare prestazioni e indici di riciclabilità.

Nelle fasi successive funge, invece, da documentazione del patrimonio edilizio, analogamente ad un report di monitoraggio dello stock.

Il Material Passport basato su BIM può diventare una procedura standard per la certificazione degli edifici in futuro, diventando uno strumento essenziale per il riciclaggio degli edifici e il passaggio ad un settore edilizio circolare.

Nella figura 8 è mostrato un esempio di output di BuildingOne con gli indicatori di riciclabilità di un edificio.

Material Passport for buildings

Bezeichnung	BIM-Material		
Gebäude(-teil)	Orange Bude	Baujahr	1989
Nutzungsprofil	Demo-Gebäude	letzte Änderung	2012
Straße	Mustergasse 15/5	Katestralgem.	Musterkatgem
PLZ / Ort	1234 Musterstadt	KG Nr.	12567
Grundstücksnr.	15/2	Seehöhe	684,00

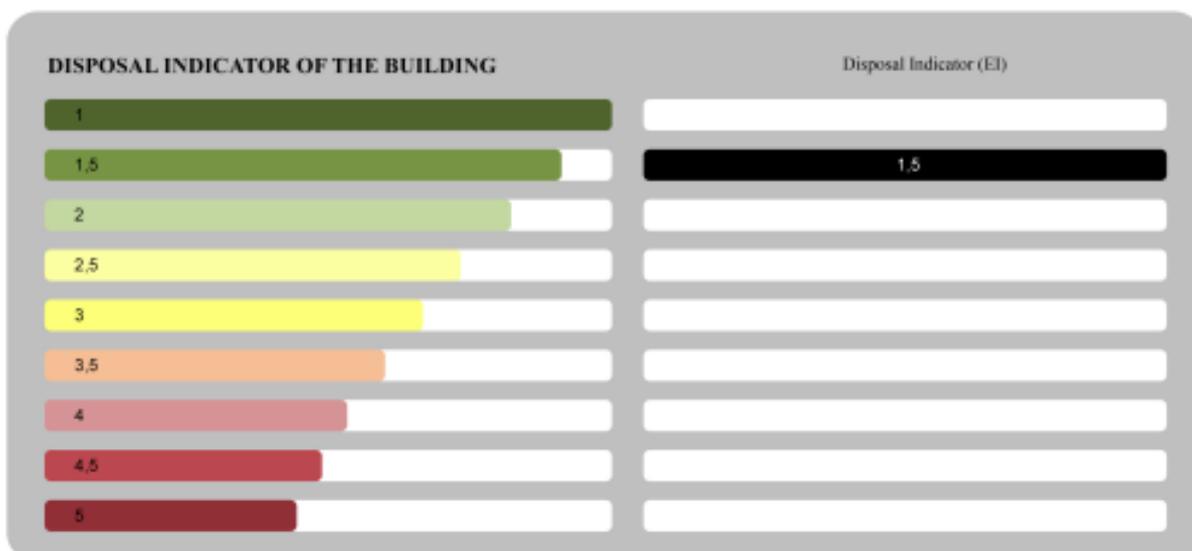


Figura 8: Esempio di output di BuildingOne con gli indicatori di riciclabilità di un edificio [28]

3.2.2. APPLICAZIONI NEL SETTORE DEI VEICOLI ELETTRICI

Un altro settore che negli ultimi anni ha mosso passi da gigante verso la sostenibilità e la salvaguardia ambientale è il settore automotive.

La diffusione di veicoli elettrici ad emissioni zero sta subendo una crescita esponenziale ed è ormai chiaro che il futuro della mobilità è rappresentato dai veicoli elettrici.

Lo sviluppo di tecnologie sempre più all'avanguardia sta eliminando il gap prestazionale con le auto tradizionali, che inizialmente ne ha limitato la diffusione. Le auto elettriche, adesso, non hanno nulla da invidiare a quelle a combustione né in termini di potenza né in termini di autonomia. Esse, infatti, adesso garantiscono un'autonomia che supera i 300 km e le rende utili non soltanto per gli spostamenti cittadini, ma anche per viaggi più impegnativi, raccogliendo, così, un bacino di utenza sempre più ampio.

La diffusione dei veicoli elettrici comporta, ovviamente, anche una crescita della domanda di batterie.

Si tratta di una crescita rapidissima: i dati relativi agli anni pre-pandemia da Covid-19 mostravano una crescita annua del 30% per un corrispondente volume energetico che nel 2018 ammontava a 180 GWh e che, secondo le previsioni di mercato, continuerà a crescere con un tasso annuo stimato del 25%, per arrivare a raggiungere un volume di 2.600 GWh nel 2030. [31]

Secondo la GBA - una piattaforma globale di collaborazione pubblico-privato composta da oltre 70 aziende leader a livello mondiale, tra cui Microsoft, Google, Honda, Volkswagen, la Banca Mondiale e Unicef; nata con l'obiettivo di stabilire una catena del valore della batteria socialmente, ambientalmente ed economicamente sostenibile [29] - la domanda di veicoli elettrici continuerà a crescere fino a toccare quota 500 milioni di veicoli elettrici sulle nostre strade entro il 2040. Particolare successo è stato riscosso nel mondo della mobilità condivisa, comprendente servizi come taxi, car sharing e ride-hailing, che sta vedendo crescere sempre più la presenza di veicoli elettrici all'interno delle proprie flotte, che si stima arriveranno ad essere composte per l'80% da veicoli elettrici entro il 2040.[30] L'espansione sostenibile della catena del valore delle batterie offre molti vantaggi di carattere ambientale, sociale ed economico. Solo per citare le emissioni di CO₂, i veicoli elettrici riducono di due terzi le emissioni rispetto ai veicoli a combustione. [31]

Tuttavia, vi sono ancora degli aspetti negativi non trascurabili legati al mondo delle batterie.

La produzione di una batteria ricaricabile, infatti, comporta notevoli rischi, che iniziano dalla fase di estrazione dei materiali necessari, fino ad arrivare al fine vita del prodotto. Questi fattori comprendono problematiche di carattere ambientale (emissioni di CO₂, utilizzo e inquinamento delle acque, alterazione delle biodiversità, presenza di sostanze pericolose quali litio, grafite naturale e cobalto) e sociali (lavoro minorile, condizioni di lavoro non sicure), i quali hanno un impatto significativo sulla sostenibilità complessiva del prodotto finale.

Per il raggiungimento della totale sostenibilità del settore è necessario un cambiamento dell'attuale traiettoria di sviluppo. Per ottenere ciò sono necessarie azioni coordinate da parte di tutte le parti interessate, ovvero aziende, investitori, politici e l'utenza finale. Queste figure devono collaborare affinché si possa consentire lo scambio di informazioni necessarie per: migliorare la gestione del ciclo vita e del fine vita delle batterie; promuovere la progettazione e lo sviluppo tecnico di prodotti che facilitino il disassemblaggio per il reimpiego, la riparazione e il recupero dei materiali; garantire un allineamento degli sforzi delle istituzioni internazionali nell'emanare leggi adatte ad agevolare ed incentivare il cambio del paradigma.

La transizione verso catene del valore circolari delle batterie richiede che le parti interessate abbiano accesso a dati di alta qualità per prendere decisioni. In questo contesto uno strumento particolarmente funzionale è stato individuato nel Material Passport, che applicato alle batterie elettriche diventa determinante per il progresso dell'industria delle quattro ruote, la quale ha ormai imboccato la strada della sostenibilità.

Il Material Passport applicato alle batterie, meglio conosciuto come *Battery Passport*, è una rappresentazione digitale di una batteria che trasmette informazioni su tutti i requisiti del ciclo di vita della batteria. Ogni batteria fisica avrà, all'interno di una piattaforma digitale, un Battery Passport che rappresenterà il suo gemello digitale finalizzato alla condivisione sicura di informazioni e dati.

Il concetto del Battery Passport, ancora in fase di sviluppo, rappresenta uno step importante per la creazione di un sistema di gestione delle batterie.

Esso consentirà di: garantire la trasparenza riguardo la gestione delle batterie durante il loro ciclo vita; creare un sistema di standard da prendere come riferimento nella

valutazione di sostenibilità dei singoli prodotti; constatare e monitorare i progressi del settore verso l'obiettivo di ottimizzazione delle risorse e massimizzazione dell'indice di sostenibilità.

3.2.2.1. STRUTTURA DEL BATTERY PASSPORT

Per l'implementazione del Battery Passport è necessario che su ogni batteria fisica sia apposto un QR Code univoco che la metta in connessione col suo gemello digitale presente all'interno della piattaforma.

Diventa doveroso, a questo punto un approfondimento sulla struttura del Battery Passport e sulle informazioni che è necessario trovare nel suddetto documento.

Informazioni generali sul prodotto

Questa categoria è composta da informazioni generali sul prodotto. Include il codice seriale identificativo univoco (numero di serie, numero di lotto) e informazioni sul tipo di applicazione della batteria (batteria per veicoli elettrici, batteria per l'accumulo di energia, etc.), sui componenti chimici presenti (elettrodi, elettrolita), sul produttore e la provenienza.

Informazioni specifiche sul prodotto

Identificato il prodotto, sono poi necessarie ulteriori informazioni legate al caso d'uso specifico.

Questa sottocategoria comprende informazioni riguardanti:

- proprietà relative alle prestazioni della batteria - ad esempio l'autonomia di guida, la durata di vita, il tempo necessario per la ricarica;
- struttura delle batterie - descrizione dell'architettura della batteria, i moduli, come questi sono assemblati;
- specifiche relative all'ingegneria elettrica - densità di energia, potenza;
- informazioni relative ai materiali - Bill of Material, fornitori responsabili, luogo di produzione.

Proprietà legate alla sostenibilità

Questa categoria di informazioni relative alla sostenibilità consente agli utenti dei Battery Passports di ricavare informazioni riguardo l'impatto ambientale e sociale di una batteria. In questa sezione si possono trovare valutazioni di determinati indicatori di performance di sostenibilità, con i relativi metodi di calcolo, metodi di valutazione e le relative fonti da cui si sono ricavati i dati analizzati.

Tali informazioni portano trasparenza e consentono agli utenti di migliorare la comprensione degli impatti sulla sostenibilità che il settore delle attività circolari insegue. Nel creare il set di indicatori e dei relativi valori ottimali, si fa riferimento alle proposte normative che gli organi istituzionali hanno emanato, cercando di remare nella stessa direzione, al fine di raggiungere i risultati sperati, entro i tempi stabiliti, riguardo la riduzione dei consumi di risorse e delle emissioni atmosferiche.

Vanno, quindi, inseriti dati relativi all'impronta di CO₂, indicatori relativi all'impatto ambientale, come quelli relativi al consumo di energia, all'utilizzo di acqua, suolo e alla tossicità del prodotto.

Oltre agli impatti che ricadono sull'ambiente, vanno analizzati anche quelli che riguardano il sociale. È necessario, infatti, anche tenere conto di indicatori relativi alle condizioni di lavoro (lavoro minorile, lavoro forzato, livelli di retribuzione, rispetto delle norme sulla sicurezza sul lavoro).

Proprietà legate alla circolarità

In maniera analoga a quanto descritto nella sezione precedente, questa categoria informativa consente agli utenti di ricavare informazioni sulle prestazioni di circolarità di una batteria. Vengono forniti indicatori relativi all'efficienza delle risorse, alla riduzione degli input e/o all'uso di risorse naturali, ai consumi di materie prime, alla quota di materiale secondario utilizzato per la produzione della batteria e alla durata della vita utile.

Design del prodotto

Questa sezione consente agli utenti del Battery Passport di ricavare informazioni sull'architettura della batteria, sui processi di assemblaggio dei suoi moduli - saldature, incollaggi, cablaggi -, sulla tipologia di progettazione del prodotto - finalizzata al riciclaggio o al riutilizzo - e sulle istruzioni di disassemblaggio.

Tali informazioni sono particolarmente utili agli attori coinvolti nelle attività di fine vita dei prodotti, coinvolti nelle attività di recupero della batteria o nello smaltimento della stessa, che deve avvenire in condizioni di sicurezza per la salute umana e per l'ambiente.

Diagnostica, manutenzione, prestazioni e stato di salute della batteria

Questa categoria consente agli utenti, in particolare a quelli che gestiscono il fine vita della batteria, di ricavare informazioni relative al suo stato di salute, alle prestazioni fornite e alla storia delle manutenzioni ricevute. Talvolta, infatti, i veicoli e le batterie subiscono guasti che comportano la necessità di intervenire. Le informazioni su tali incidenti e sulle rispettive cause possono essere utili ai potenziali acquirenti dei veicoli elettrici o agli utenti più a valle della filiera che tratteranno le batterie al termine della loro prima vita utile. Questa sottocategoria raccoglie, quindi, informazioni relative a manutenzioni e riparazioni passate e comprende la natura degli interventi, gli incidenti che li hanno innescati e i soggetti che hanno eseguito le operazioni.

Queste informazioni sono necessarie per decidere le sorti della batteria e valutare se questa, o almeno una parte dei suoi componenti, sia idonea per una seconda vita utile, se può essere riciclata o se invece deve essere avviata allo smaltimento.

Per identificare i moduli che si qualificano per una seconda vita sono necessarie informazioni sul loro stato di salute, per ognuno dei livelli gerarchici di assemblaggio - cella, modulo e pacco. Le principali informazioni da conoscere sono gli indicatori: SoH (State of Health, cioè lo stato di salute della batteria), SoC (State of Charge, cioè il livello di energia che la batteria riesce a trattenere dopo una ricarica), DoD (Depth Of Discharge, ovvero la profondità di scarica) e RuL (Remaining useful Life, cioè la vita utile residua). La distinzione tra livello di cella, modulo e pacco è stata introdotta perché gli indicatori relativi alla salute della batteria a livello di cella o modulo non indicano necessariamente la salute a livello di pacco e viceversa.

Prestazioni fornite

Questa sezione comprende informazioni sulle prestazioni passate di una batteria, come la durata di vita effettiva rispetto a quella prevista, l'autonomia di guida coperta, il chilometraggio, il numero di cicli di carica/scarica.

Questi dati possono aiutare i progettisti di batterie a migliorare la progettazione di quelle future, nonché i conducenti di veicoli elettrici nelle loro decisioni di acquisto.

Attori della catena del valore

Una categoria di informazioni altrettanto importante riguarda la raccolta di informazioni sugli attori della catena del valore che sono stati coinvolti nelle varie fasi della produzione, della manutenzione, della movimentazione, dell'utilizzo e del trattamento di fine vita del prodotto.

Questa sezione comprende, quindi, informazioni generali su un determinato attore, quali nome della società, tipologia di business, collocazione geografica e ruolo che questo ha avuto nel ciclo vita della batteria.

Tuttavia, per ragioni legate alla privacy, in questa sezione non sono ammessi dati personali riguardo gli utenti privati che hanno utilizzato i veicoli.

Altro aspetto interessante è anche la documentazione e la ricostruzione storica delle responsabilità degli attori, ossia un set di informazioni che permettano di identificare il momento in cui le responsabilità degli attori della catena del valore, per l'intero prodotto o per un determinato componente, sono iniziate e terminate. Responsabilità che sono da attribuire rispetto al prodotto fisico, ma anche quelle relative alla sostenibilità e alla circolarità.

3.2.3. MATERIAL PASSPORT NEL SETTORE DELLA MODA

Anche il settore della moda si sta dimostrando molto attento alle tematiche di sostenibilità e circolarità, con la ricerca di tecnologie innovative e sensibilizzazione dei consumatori alla causa.

Il tema sostenibilità è oggi uno degli argomenti di maggiore interesse nel mondo della moda, che richiede una filiera produttiva sempre più consapevole ed eco-sostenibile.

Sta nascendo un nuovo concetto di moda, che ha come valori guida il rispetto dell'ambiente e della società. Il settore fashion sta, così, prestando attenzione a tutte le fasi della vita di un prodotto: dall'ideazione alla reperibilità delle materie prime, dalla produzione alla distribuzione, fino a giungere al consumatore finale.

Questa evoluzione dei processi si concretizza con l'utilizzo di materie prime meno inquinanti, l'abbattimento degli sprechi e dei costi di produzione e la realizzazione di oggetti durevoli, volti a creare un legame tra brand e clienti che stimoli il consumo consapevole. La rivoluzione etica della moda non riguarda soltanto l'abbattimento dei consumi di risorse e materie prime, ma pone l'attenzione anche su tematiche di carattere sociale come il tema dello sfruttamento del lavoro, del lavoro sottopagato e del lavoro minorile.

Sono in costante crescita le azioni messe in campo da brand e stilisti per ottenere un processo di sviluppo sostenibile legato all'adozione di nuovi materiali green, alla tracciabilità della filiera, alla trasparenza dei dati e alla misurabilità dei risultati.

Il processo di cambiamento sta riguardando anche il versante dei consumatori, i quali sono sempre più esigenti in tal senso e non si accontentano più esclusivamente della bellezza e della comodità dei capi, ma richiedono che questi rispecchino anche i valori di sostenibilità in cui credono.

Affinché possa avvenire una trasformazione dei modelli produttivi, i brand dovranno porre l'attenzione su:

- tracciabilità della filiera di produttiva;
- impiego di materiali e materie prime ecosostenibili;
- eliminazione delle sostanze tossiche dai cicli produttivi;
- riduzione delle emissioni di CO₂;
- diminuzione degli sprechi di acqua ed energia elettrica;
- migliorare il benessere delle persone addette alla produzione.

Queste misure saranno attuabili grazie all'industria 4.0 e all'avvento di tecnologie come l'Internet of things in grado di aiutare le aziende nello sviluppo di processi produttivi più efficienti e meno inquinanti, riducendo i costi di produzione e l'impatto ambientale.

Inoltre, grazie alla tracciabilità possibile con la tecnologia IoT, il processo di conversione ad una moda più sostenibile può continuare anche al termine della prima vita utile dei capi, donando ad essi una seconda fase utile della vita.

Oggi sempre più consumatori sono infatti disposti a comprare “moda di seconda mano”, acquistando oggetti garantiti e certificati da questa tecnologia.

Il Sustainability Lab di SDA Bocconi School of Management ha di recente lanciato, presso l'UNECE (United Nations Economic Commission for Europe), un'iniziativa dal nome “*Circular Fashion Manifesto*”. Il progetto mira ad unire produttori, distributori e retailer della filiera della moda nel nome della sostenibilità, con l'obiettivo di creare una comunità multi-stakeholder tra le principali aziende del settore tessile-fashion e i vari attori della filiera per contribuire al processo di transizione verso modelli di business circolari.

Il *Circular Fashion Manifesto* è una vera e propria chiamata a raccolta dei brand della moda affinché sottoscrivano congiuntamente un preciso elenco di commitment con l'obiettivo di promuovere la condivisione trasparente delle informazioni e del know-how necessari a ridurre l'impatto ambientale della filiera, ad aumentare il livello di circolarità e di sostenibilità nel settore moda e ad implementare processi di business circolari lungo tutta la value chain.

I già citati commitment consistono in:

- condivisione delle informazioni e del know-how necessari a ridurre l'impatto ambientale della filiera;
- incremento del livello di circolarità e di sostenibilità nel settore moda attraverso tracciabilità e trasparenza;
- implementazione di processi di business circolari lungo tutta la value chain;
- sensibilizzazione di tutti gli stakeholder sull'importanza di avere una produzione e un consumo che siano sostenibili.

Affinché le case di moda possano raggiungere gli obiettivi fissati è fondamentale che queste si aprano fortemente alla tecnologia, all'innovazione e alla digitalizzazione.

Si sta lavorando affinché i Material Passports raggiungano anche il settore della moda.

Presto sarà possibile identificare ciascun capo grazie all'attribuzione di una identità digitale che permetta di rintracciarlo lungo tutto il ciclo di vita. La scannerizzazione di un codice QR, presente nell'etichetta, consentirà di accedere al passaporto, consultare i dati e, se autorizzati, ampliarli in modo efficiente man mano che si avanza nelle varie fasi di vita.

Oggi i prodotti non vengono identificati dopo la vendita, rendendo, di fatto, impossibile una gestione intelligente e sostenibile.

Attraverso l'identità digitale si potranno avere informazioni essenziali riguardanti i materiali contenuti, il marchio, il valore e le istruzioni per il riciclo.

Nell'ottobre 2021 è stato lanciato il programma CircularID™, che rappresenta un protocollo che definisce lo standard globale per l'identificazione digitale e la gestione dei prodotti nell'economia circolare.

Il protocollo consente a rivenditori e riciclatori di accedere, identificare e condividere informazioni essenziali su prodotti e materiali, garantendo che i dati essenziali sui prodotti e sui materiali siano comunicati in modo coerente in tutto il settore, un passo fondamentale verso la transizione della moda verso un futuro circolare.



Figura 9: Esempio di capo con etichetta contenente un codice QR, dal quale è possibile accedere al passaporto dell'indumento

CAPITOLO 4

GESTIONE DEGLI STAKEHOLDERS E DELLE INFORMAZIONI

4.1. INTERAZIONE TRA I DIVERSI STAKEHOLDERS

Il Materials Passports è uno strumento dinamico per il tracciamento del valore.

In ogni fase del ciclo vita di un prodotto - dalla produzione all'acquisto, all'uso e alla manutenzione - avvengono cambiamenti, lavorazioni, usure che vanno a modificare la storia del prodotto in questione e le sue proprietà chimico-fisico-meccaniche.

Questi eventi hanno un impatto sui prodotti e sul loro potenziale di recupero del valore.

Per valutare e promuovere un'economia circolare, è necessaria un'ampia gamma di informazioni provenienti da diversi attori lungo la catena del valore.

Il processo di generazione dei Material Passports coinvolge più parti, ovvero i diversi attori che compongono la filiera: dagli estrattori di materie prime ai produttori, da chi gestisce la logistica dei trasporti dei beni agli utenti finali - i quali possono essere molteplici per lo stesso prodotto fisico -, da chi ha eseguito riparazioni/ristrutturazioni/manutenzioni a coloro che potrebbero occuparsi del recupero del valore del bene.

Nel susseguirsi delle diverse fasi della filiera le informazioni riguardo un determinato bene crescono sempre più ed è importante che i Material Passports le sappiano intercettare, gestire e rendere disponibili in maniera efficace e funzionale. A tal fine è fondamentale che i Material Passports siano dinamici e aggiornati in tempo reale.

Non tutte le informazioni raccolte nei Material Passports sono rilevanti per tutti gli attori. Come visto nel precedente capitolo, ogni fase del ciclo della vita del prodotto ha esigenze informative differenti e determinate informazioni potrebbero essere necessarie solo in una determinata fase del ciclo di vita e solo per determinati attori della catena.

Uno dei valori aggiunti dei Material Passports consiste, appunto, nel fornire puntualmente le informazioni necessarie agli utenti che utilizzano la piattaforma. Per ottenere ciò, un ruolo fondamentale sarà ricoperto dai filtri che le piattaforme offriranno, coi quali si potranno visionare solo le categorie informative o le fasi del ciclo vita a cui si è interessati, in modo tale da rendere l'utilizzo veloce, comodo e utile alla causa per la quale si è consultato il Material Passport.

I motivi per cui si consultano le informazioni contenute nei Material Passports e i momenti in cui queste ricerche avvengono possono essere disparati.

I Material Passports possono essere consultati per: creazione di valutazioni e certificati di sicurezza, simulazioni energetiche, analisi del flusso di materiali, valutazioni dello stato di salute del prodotto/edificio e stima della vita utile rimanente, pianificazione dello smantellamento e della gestione del fine vita, modelli d'esempio per la progettazione di nuovi concept design.

Tutto questo implica un continuo flusso di attori che attingono e rilasciano informazioni all'interno dei Material Passports.

Nel caso degli edifici, ad esempio, poiché il Material Passport viene utilizzato come strumento di ottimizzazione della progettazione, oltre che come documentazione sulla composizione materiale dell'edificio, si rivolge a vari stakeholder come progettisti, architetti, designer, gestori dei software BIM, costruttori, proprietari di edifici, responsabili politici, produttori di interni, utenti finali, ognuno dei quali interverrà in determinati momenti del ciclo di vita dell'edificio.

Un architetto può essere interessato a determinate informazioni prima che l'edificio venga costruito, mentre un utente finale dell'edificio nella fase operativa dell'edificio.

Andando ancora più a monte nel processo di creazione del Material Passport, sono diversi i professionisti che forniscono dati in seguito a misurazioni, rilievi, campionamenti, esecuzioni di test, elaborazione di dati.

Gli attori sono, quindi, innumerevoli e, talvolta, essi possono essere costretti a consultare aree tematiche che non sono di loro competenza, dato che i contenuti spaziano tra ambiti inerenti alla chimica, la fisica, la biologia, l'architettura, l'ingegneria, la conoscenza dei materiali, delle normative riguardanti gli aspetti strutturali, la tossicità degli elementi, lo smaltimento degli stessi.

Oltre la varietà di mondi da cui provengono le competenze e le informazioni che arricchiscono i passaporti, c'è poi la questione "digitalizzazione" degli stessi passaporti, e quindi l'interazione e le conseguenti difficoltà che possono nascere nell'interfacciarsi con i software di gestione dei dati.

Nasce, quindi, l'esigenza di una figura che possa coordinare il flusso informativo di cui la creazione di un Material Passport necessita: il consulente MP.

4.2. NASCE UN NUOVO STAKEHOLDER: IL CONSULENTE MP

Questo nuovo stakeholder deve coordinare e armonizzare l'implementazione dei Material Passports, gestendo in ogni fase del ciclo vita dei prodotti o degli edifici, l'interazione tra i vari stakeholders e le conoscenze utili che questi possono apportare.

In particolare, si è pensato alla figura del consulente MP all'interno del progetto BIMaterial, di cui si è parlato nel Capitolo 2.

Nel settore AEC (Architecture, Engineering & Construction) vi è una mancanza di armonizzazione e standardizzazione delle informazioni.

Il consulente MP avrebbe l'incarico di integrare i dati della valutazione del ciclo vita del prodotto (LCA) e quelli inerenti alle caratteristiche di riciclabilità all'interno del sistema BIM, collegando i database all'inventario dei materiali e allo strumento di analisi, ovvero il software BO, già visto nel precedente capitolo. Le prime fasi di progettazione sono caratterizzate dall'interazione di attori che possiedono un elevato livello di conoscenza della loro area di competenza, ma che verosimilmente possiedono un basso livello di sviluppo in termini di informazioni BIM.

Oltre a modellare i dati, il consulente MP deve anche poter valutare le varianti di modelli proposti, in modo da poter affiancare gli altri stakeholders designati durante la fase di pre-progettazione, che abbiamo visto essere diventata cruciale se si vuole operare in condizioni di circolarità e sostenibilità. Di conseguenza, il consulente MP deve anche conoscere i materiali, gli elementi costruttivi e il loro potenziale di riciclaggio, nonché gli impatti ambientali. Riassumendo, deve possedere un'ampia conoscenza orizzontale dei settori in cui opera.

La transizione verso un'economia circolare è una sfida interdisciplinare e funzionerà solo con il coinvolgimento di tutti gli attori rilevanti lungo la catena del valore. La gestione dello scambio di informazioni tra gli stakeholders rilevanti è un aspetto centrale e di fondamentale importanza per un cambiamento di successo. Se davvero si vuole dare un'accelerata al cambio di paradigma verso un'economia totalmente circolare, è necessario alzare al massimo le prestazioni in termini di reperibilità delle informazioni e qualità delle stesse, ovvero affidabilità e certificazione delle fonti.

Allo stato attuale, generalmente, il più alto livello di dettaglio delle informazioni viene fornito quando un edificio viene commissionato, ovvero durante la fase di progettazione, durante gli studi di fattibilità e durante la fase di accertamenti per l'ottenimento dei permessi necessari. Tuttavia, le informazioni relative all'edilizia e ai materiali vengono raramente trasmesse dopo la messa in servizio di un edificio.

Per un'economia circolare funzionante, la gestione delle informazioni deve essere tale affinché esse vengano trasmesse e aggiornate in tempo reale nel caso di modifiche a un edificio o ai suoi componenti (ad es. lavori di ristrutturazione, passaggio di proprietà).

Lo stesso concetto vale ed è da replicare sulle batterie elettriche o su qualsiasi altro prodotto.

Per garantire un passaggio agevole, le informazioni devono essere standardizzate per un efficiente utilizzo dei software e per facilitare la loro ricerca e lettura.

Il compito finale di un consulente MP si riassume, banalmente, con la generazione del MP e la sua manutenzione durante tutto il ciclo di vita. Un compito di coordinazione e gestione che potrebbe sembrare semplice, ma nasconde tante difficoltà e richiede enormi capacità coordinative e una preparazione che abbracci innumerevoli branche.



Figura 10: consulenti MP e le numerose attività da coordinare

CAPITOLO 5

INTERNET OF MATERIALS (IoM)

5.1. IoM

L'idea di una piattaforma *Internet of Materials* (IoM) nasce dal ben più noto concetto di *Internet of Things* (IoT). L'espressione IoT venne coniata nel 1999 da Kevin Ashton, un ingegnere inglese del Massachusetts Institute of Technology (MIT), ed indica un sistema in cui il mondo fisico è connesso ad internet attraverso dei sensori, che monitorano continuamente, raccolgono, elaborano ed inviano dati contenenti informazioni preziose. Esempi sono la domotica delle Smart House, le automobili con connettività a bordo e le Città intelligenti, con illuminazione che si regolano autonomamente in base alle condizioni di visibilità, semafori e strumenti per la gestione del traffico che si coordinano per permettere il passaggio dei mezzi di soccorso.

Internet of Materials sarebbe un concetto analogo, che nasce con l'obiettivo di interconnettere in maniera smart prodotti/costruzioni, con l'obiettivo di aumentare la visibilità e la disponibilità dei materiali.

I Material Passport giocano un ruolo molto importante in questo contesto, poiché sono veicoli di innumerevoli e preziosissime informazioni.

IoM dovrebbe essere una piattaforma online eco-collaborativa dove gli utenti possono contribuire a dare seconda vita ai materiali mettendo a disposizione informazioni sui materiali che possiedono oppure utilizzando la piattaforma come strumento di ricerca in cui trovare materiali già operativi, avviati alla dismissione, e ridare loro una seconda vita utile, evitando, così, l'utilizzo di materie prime vergini.

IoM può, quindi, rivelarsi uno strumento cruciale in fase di progettazione e di dismissione per sostenere scelte più responsabili dei materiali, promuovendo soluzioni sostenibili e circolari.

Facendo un esempio concreto applicato al settore edile, un architetto che sta progettando un edificio, unitamente al produttore che riceverà l'incarico, potrebbero necessitare di una trave in acciaio che abbia determinate caratteristiche strutturali, fisiche e meccaniche. Attraverso IoM essi potrebbero fare una ricerca e scovare edifici che sono in procinto di essere o sono già stati dismessi e che al loro interno immagazzinano il componente per cui si è fatta la ricerca. L'architetto e il costruttore otterrebbero quindi una lista di edifici che

possono soddisfare la loro esigenza e per ognuno di essi, grazie ai Material Passport, possono conoscere la storia, che comprende l'età dei materiali, i trattamenti che hanno subito, eventuali manutenzioni e molteplici altre informazioni che possano descrivere dettagliatamente il materiale o il componente in questione. Una delle tante informazioni ricavabili può riguardare anche la collocazione geografica, che in fase di valutazione di un componente può assumere anche un certo peso, poiché uno dei fattori da tenere in considerazione è anche quello logistico dei trasporti e la conseguente variazione dei costi. In questo modo si avrebbero benefici anche in ottica riduzione dei trasporti, con conseguenze positive sull'impatto ambientale, attraverso la riduzione delle emissioni e del consumo dei carburanti.

Attraverso la piattaforma IoM sarebbe possibile cercare i materiali secondo requisiti ben specifici.

La ricerca sarà aiutata dalla presenza di specifici filtri, che potranno fare una scrematura dettagliata e aiuteranno l'utente a trovare esattamente ciò di cui ha bisogno.

Per far sì che tutto questo funzioni è necessario che i Material Passports e i dati in essi contenuti siano altamente standardizzati, in modo tale da poter consentire l'incrocio delle banche dati e fornire all'utente della piattaforma IoM output precisi e che soddisfino le esigenze.

Nel momento in cui l'utente trova una corrispondenza, individuando il materiale più congeniale, acquirente e venditore entrano in contatto.

Il contatto può comportare una vendita diretta oppure l'inizio di una connessione tra le due entità, che potranno approfondire il set di informazioni riguardanti l'oggetto della ricerca oppure potranno sondare se ci sono i presupposti per una collaborazione che riesca ad individuare e dare una seconda vita ad ulteriori elementi compatibili tra l'edificio in dismissione e quello che nascerà.

Così come avviene in tutte le piattaforme di compravendita, di sharing o di fornitura dei servizi, gli utenti potranno anche lasciare sulla piattaforma commenti e recensioni, per informare gli altri utenti dell'esperienza fatta, della serietà o meno dell'altro interlocutore e incrementando il bagaglio informativo legato ad un prodotto/materiale, fornendo, così, informazioni utili agli utenti successivi che interagiranno con la piattaforma.

Per un funzionamento ottimale, IoM dovrebbe essere in grado di interagire con altre piattaforme già esistenti.

Una di queste è *Madaster*, una realtà tecnologica ben avviata, che serve alla creazione e alla gestione dei Material Passports.

5.2. MADASTER - IL CATASTO DEI MATERIALI

Madaster è la prima piattaforma online concepita per facilitare la generazione standardizzata, la registrazione e la gestione dei Material Passports.

La Madaster Foundation (Figura 11) è stata fondata nel 2017 con lo scopo di ridurre i rifiuti, i quali sono considerati “materiali senza identità”, restituendo loro un’identità documentata e della quale si può tenere traccia, tramite l’implementazione dei Material Passports.

La piattaforma genera i passaporti di edifici e oggetti, fornendo un set di informazioni che tengono conto delle quantità, qualità, dimensioni e collocazione dei materiali o componenti presenti in ogni prodotto o costruzione.

Una volta generato, il Material Passport viene immagazzinato nel database e potrà essere consultato dagli utenti registrati che avranno bisogno delle informazioni ivi contenute.

La piattaforma Madaster calcola un indice di circolarità del prodotto e ne stima una valutazione economica, sia in termini di valore residuo attuale, sia in termini di valore potenziale conseguente ad un futuro riutilizzo.

I passaporti di Madaster sono dinamici: nel tempo si adattano alle modifiche e si possono arricchire di nuove informazioni, aumentando così la precisione, l’affidabilità e la reputazione degli archivi e delle informazioni contenute.

In questo modo sarà possibile avere infrastrutture con informazioni sempre aggiornate sul valore finanziario e circolare, sulla pericolosità chimica e sul potenziale di riutilizzo dei materiali e dei prodotti.

Per registrare un nuovo passaporto è necessario importare un file o un modello BIM. Da essi la piattaforma ricava autonomamente i dati, li elabora, li struttura e genera il passaporto corrispondente a quel dato edificio o prodotto.

La proprietà dei dati contenuti nei passaporti appartiene ai proprietari degli edifici o dei prodotti a cui il passaporto fa riferimento e sono loro a gestire la visibilità dei dati sui quali

possiedono diritti. L'accesso alle informazioni, infatti, può essere libero o può necessitare dell'autorizzazione del proprietario.

Inoltre, è possibile integrare la facoltà di accedere a servizi forniti da terze parti, come valutazioni di specialisti o piattaforme di mercato per materiali di seconda mano.

La piattaforma Madaster è considerata "il catasto dei materiali" ed è un'infrastruttura fondamentale per lo sviluppo dei Material Passport. Parte della sua value proposition sta nella capacità di standardizzare il processo di generazione e registrazione dei passaporti, caratteristica che abbiamo visto essere di fondamentale importanza nel processo di digitalizzazione.

La piattaforma Madaster è già stata adottata in diversi Paesi dell'Unione Europea come Paesi Bassi, Svizzera, Germania, Norvegia, Belgio e Danimarca. [36]

Dalla fine del 2017, il progetto ha visto un notevole incremento del suo database, che è passato da poco più di 300 metri quadrati di materiali registrati a più di 2,5 milioni.



Figura 11: Logo Madaster

5.2.1. ESEMPIO DI MADASTER MATERIAL PASSPORT

In questo paragrafo si vuole presentare un esempio di Material Passport che si può trovare sulla piattaforma Madaster. [37]

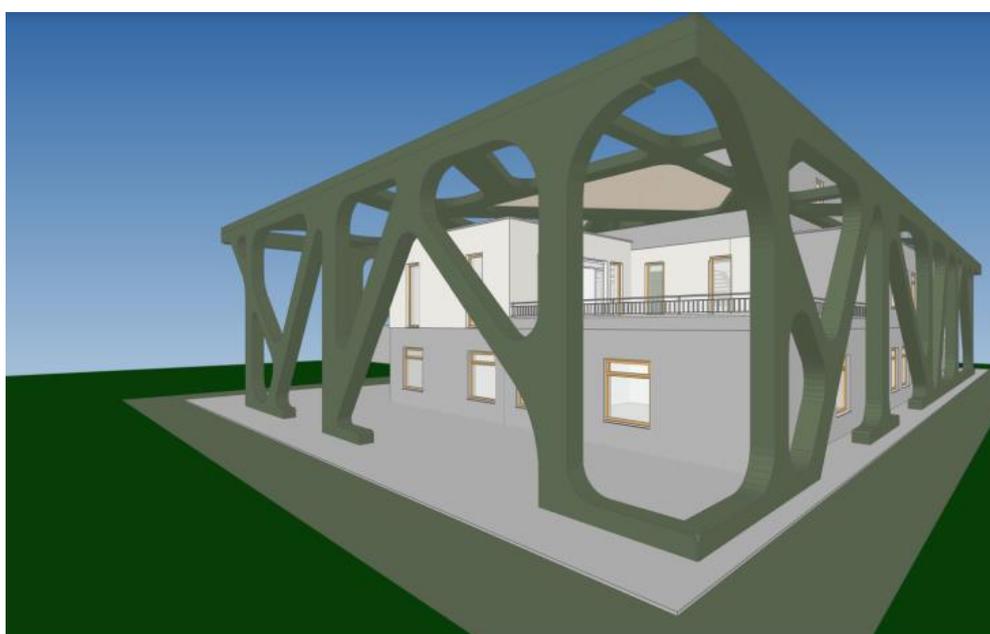
L'esempio presentato non fa riferimento ad un edificio realmente esistente, ma è frutto dell'immaginazione ed ha significati puramente esplicativi.

Il Madaster Material Passport è strutturato come segue.

- **INTESTAZIONE**

In questa sezione iniziale si può trovare un'immagine dell'edificio in questione e le seguenti informazioni (Figura 12):

- **BUILDING NAME:** nome dell'edificio;
- **OWNER:** proprietario dell'edificio;
- **COMPANY NAME:** nome dell'azienda proprietaria dell'edificio
- **PUBLISHER:** nominativo di colui o coloro che hanno pubblicato il Material Passport;
- **PUBLISHING DATE:** data di pubblicazione del Material Passport;



BUILDING NAME

Training The Arc

PUBLISHER

Sander Beeks

OWNER

Trainer Madaster

PUBLISHING DATE

11/12/2020

COMPANY NAME

Madaster Training

Figura 12: Pagina Iniziale di un Material Passport della piattaforma Madaster applicato ad un edificio

- **INFORMAZIONI GENERALI**

In questa sezione vengono fornite delle prime informazioni generali sull'edificio (Figura 13):

- **PORTFOLIO NAME:** nome del portfolio;

- **PORTFOLIO OWNER:** proprietario del portfolio;
- **BUILDING NAME:** nome dell'edificio;
- **ADDRESS DETAILS:** indirizzo dell'edificio, codice di avviamento postale e qualsiasi altra informazione utile ad individuare geograficamente l'edificio;
- **CADASTRAL INFORMATION:** informazioni catastali dell'edificio, ad esempio numero di particella catastale, misure catastali, numero di lotto, etc;
- **MADASTER INFORMATION:** all'interno di questa sezione ci sono una serie di informazioni che Madaster provvede ad inserire ed aggiornare in caso di modifiche. Nel corrente esempio si possono individuare informazioni sul metodo di classificazione utilizzato, l'ultimo aggiornamento proveniente dal corrispondente modello BIM dell'edificio, l'utilizzo dell'edificio, la sua superficie, la data di consegna lavori e la data di eventuali ristrutturazioni avvenute;
- **LABELS:** in questa sezione sono indicati i valori di determinati parametri di riferimento. Nell'esempio troviamo:
 - ❖ l'indice *BREEAM* (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), un metodo di valutazione della sostenibilità ambientale degli edifici che utilizza una scala di cinque valori, che espressi in ordine crescente sono: PASS, GOOD, VERY GOOD, EXCELLENT, OUTSTANDING [39];
 - ❖ *il GPR-score*, un punteggio spesso legato a un certo "livello di ambizione", ovvero un punteggio minimo necessario per ottenere un sussidio o uno sconto di sostenibilità [40];
 - ❖ *l'Indicative MPG score*, noto anche come "prezzo ombra", indica le esternalità negative generate dall'edificio misurate in €/mq. Un basso costo ombra indica che l'edificio ha un impatto relativamente buono sull'ambiente [41];
 - ❖ l'indice *LEED*, valuta i requisiti per costruire edifici ambientalmente sostenibili, sia dal punto di vista energetico che dal punto di vista del consumo di tutte le risorse ambientali coinvolte nel processo di realizzazione [42].

- **ENERGY:** in questa sezione sono riportate informazioni sulla classe energetica dell'edificio e sulle prestazioni energetiche dello stesso.

MADASTER TRAINING THE ARC | GENERAL INFORMATION

PORTFOLIO NAME

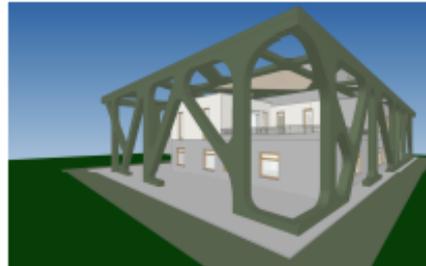
Laren

PORTFOLIO OWNER

Trainer Madaster

BUILDING NAME

Training The Arc



ADDRESS DETAILS

Address: Marconibaan 12
Postal code: 3439M5 Nieuwegein

CADASTRAL INFORMATION

Cadastral designation	Jutphaas
Cadastral surface area	7100 /m ²
Lot number	JPS00 - D - 2819
Restriction of public law	Geen

MADASTER INFORMATION

Classification method	NL-SfB
Most recent BIM information	11/12/2020 3:20 PM
Building usage	Offices (Office >= 1000m2)
Gross Surface Area	1800 /m ²
Delivery date	1/23/2019
Last renovation date	-

LABELS

BREEAM	Good
GPR-score	-
Indicative MPG score	0.69 €/m ²
LEED	-

ENERGY

Energy label	A+
Energy Performance Coefficient	0.9
Energy Index	-

Figura 13: Informazioni generali sull'edificio fornite dal MP

- **BUILDING MATERIALS - TOTAL OVERVIEW**

Nella sezione “Building - Materials” (Figura 14) vengono elencate le macro-famiglie di materiali utilizzati. Per ogni macro-famiglia è indicata la percentuale con la quale è presente all’interno dell’edificio, l’ammontare in metri cubi e in tonnellate.

Ad esempio, questo edificio è composto per il 3% di legno, per un equivalente di 41,69 metri quadri, equivalenti a 30,88 tonnellate.

MADASTER TRAINING THE ARC | BUILDING - MATERIALS

TOTAL OVERVIEW

Madaster uses the “Shearing Layers” model (onion layers model) [Duffy, Brand, 1994] to organize the materials and products buildings consist of. Based on this model, a structure is proposed to classify the building. In this model each layer has a distinctive functional cycle.

The “Total” of the building is the sum total of all layers, i.e.: Site, Structure, Skin, Services, Space Plan, and Stuff. The percentage is a representation of the volume of the elements in the specific building layer.

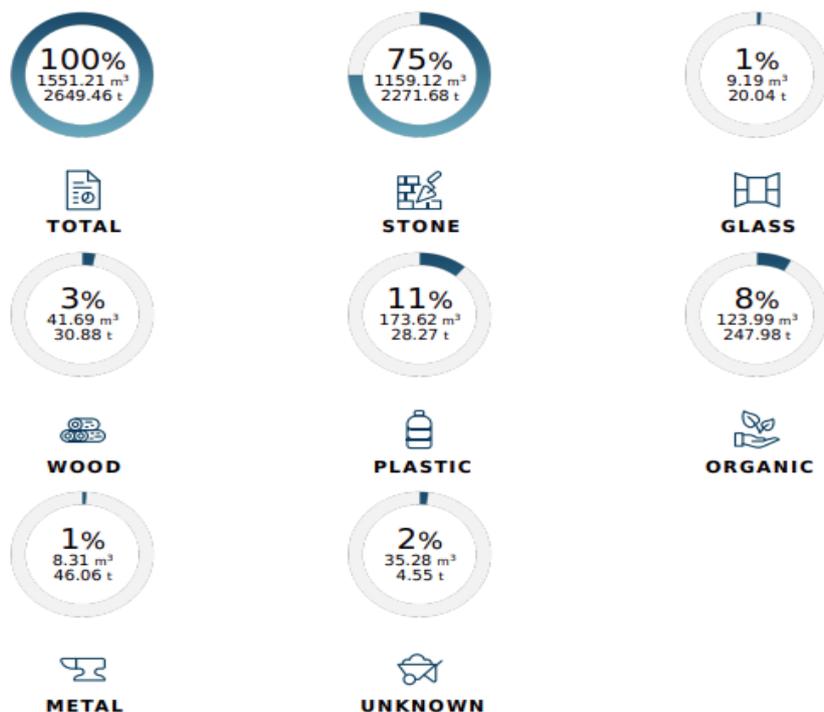


Figura 14: Building materials - Total overview

L'analisi appena vista descrive l'edificio nella sua interezza.

Nelle sezioni successive si ripete lo stesso schema restringendo il focus su una specifica area dell'edificio. Troveremo, quindi, le percentuali di composizione di:

- SUOLO (fondamenta)
- STRUTTURA
- RIVESTIMENTO
- SERVIZI (tutte le installazioni meccaniche ed elettrotecniche)
- SPACE PLAN (pavimenti, pareti interne, scale, arredamento e tutti i componenti architettonici e fissi di un edificio)
- STUFF (arredamento ed insieme di beni mobili)
- UNKNOWN (le rimanenti parti non note o difficili da definire)

In queste sezioni, la suddivisione percentuale dei vari materiali contenuti in una determinata area, completa di volumi e pesi, è seguita da un'ulteriore scheda del passaporto analoga a quella precedente, ma che elenca e descrive i singoli elementi strutturali, fornendo per ognuno di essi la composizione dal punto di vista dei materiali espressa in volume e massa. (Figura 15)

Ognuna di queste righe può essere un link contenente un ulteriore Material Passport di livello gerarchico più dettagliato, con informazioni specifiche su quel determinato componente.

STRUCTURE PRIMARY ELEMENTS (2-)

STONE	GLASS	WOOD	PLASTIC	METAL	PDF_UNKNOWN
22.13 (BINNENWANDEN; NIET CONSTRUCTIEF, SYSTEEMWANDEN; VAST)					
47.02 m ³ 89.35 t	0 m ³ 0 t	0 m ³ 0 t	0 m ³ 0 t	0 m ³ 0 t	0 m ³ 0 t
22.11 (BINNENWANDEN; NIET CONSTRUCTIEF, MASSIEVE WANDEN)					
3.92 m ³ 7.30 t	0 m ³ 0 t	0 m ³ 0 t	0 m ³ 0 t	0 m ³ 0 t	0.61 m ³ 0.08 t
24.12 (TRAPPEN EN HELLINGEN; TRAPPEN, NIET-RECHTE STEEKTRAPPEN)					
0 m ³ 0 t	0 m ³ 0 t	1.71 m ³ 1.12 t	0 m ³ 0 t	0 m ³ 0 t	0 m ³ 0 t

SECONDARY ELEMENTS (3-)

STONE	GLASS	WOOD	PLASTIC	METAL	PDF_UNKNOWN
34.21 (BALUSTRADES EN LEUNINGEN; LEUNINGEN, BINNENLEUNINGEN)					
0 m ³ 0 t	0 m ³ 0 t	0 m ³ 0 t	0 m ³ 0 t	0.28 m ³ 0.80 t	0 m ³ 0 t
34.12 (BALUSTRADES EN LEUNINGEN; BALUSTRADES, BUITENBALUSTRADES)					
0 m ³ 0 t	0 m ³ 0 t	0 m ³ 0 t	0 m ³ 0 t	0.09 m ³ 0.72 t	0 m ³ 0 t
34.11 (BALUSTRADES EN LEUNINGEN; BALUSTRADES, BINNENBALUSTRADES)					
0.90 m ³ 1.71 t	0 m ³ 0 t	0 m ³ 0 t	0 m ³ 0 t	0 m ³ 0 t	0 m ³ 0 t
32.22 (BINNENWANDOPENINGEN; GEVULD MET RAMEN, RAMEN DRAAIEND AAN EEN KANT)					
0.01 m ³ 0.04 t	0.16 m ³ 0.36 t	0.09 m ³ 0.07 t	0 m ³ 0 t	0.03 m ³ 0.08 t	0 m ³ 0 t
32.21 (BINNENWANDOPENINGEN; GEVULD MET RAMEN, GESLOTEN RAMEN)					
0.03 m ³ 0.07 t	0.30 m ³ 0.65 t	0.16 m ³ 0.13 t	0 m ³ 0 t	0.05 m ³ 0.15 t	0 m ³ 0 t
32.31 (BINNENWANDOPENINGEN; GEVULD MET DEUREN, DRAAIDEUREN)					
0 m ³ 0 t	0 m ³ 0 t	5.37 m ³ 4.30 t	0 m ³ 0 t	0 m ³ 0 t	0 m ³ 0 t

FINISHES (4-)

STONE	GLASS	WOOD	PLASTIC	METAL	PDF_UNKNOWN
45.11 (PLAFONDAFWERKINGEN; VERLAAGD, VERLAAGDE PLAFONDS)					
0.43 m ³ 0.35 t	0 m ³ 0 t	0 m ³ 0 t	0 m ³ 0 t	0 m ³ 0 t	0 m ³ 0 t
45.12 (PLAFONDAFWERKINGEN; VERLAAGD, SYSTEEMPLAFONDS)					

Figura 15: Sezione descrittiva della composizione dei singoli elementi

- **CIRCULARITY - MADASTER CIRCULARITY INDICATOR (CI)**

Dopo aver definito la composizione dell'edificio, arriva poi la sezione sugli indicatori di circolarità. (Figura 16)

Si tratta di un elenco dettagliato che descrive le prestazioni dell'edificio in termini di circolarità.

Il *Madaster CI score* è ancora in fase di sviluppo e soggetto a modifiche. Esso ha come base di partenza il *CI Building Score*, un indicatore ideato dalla Fondazione Ellen MacArthur che tiene conto del livello di circolarità dell'edificio durante la fase di costruzione, la fase d'utilizzo e la fase di fine vita. Questo indicatore viene corretto da altri due indicatori che valutano l'affidabilità e la bontà dei file contenenti i dati, importati nella piattaforma Madaster. In particolare, questi due indicatori valutano la quantità di materiali sconosciuti e la quantità di materiali dalla provenienza sconosciuta.

TRAINING THE ARC | CIRCULARITY

MADASTER CIRCULARITY INDICATOR (CI)

The Madaster Circularity Indicator assesses the uploaded sources files and gives the building a score between 0 and 100%.

A building is assessed on three phases: input in the construction process, the utility during the use phase and the destination of the materials at the end-of-life phase. A building with a high score is constructed with reused and recycled materials, has a higher than average utility and can be disassembled after use for easy reuse and recycling. A fully circular building has a score of 100%.

The Circularity Indicator is based on the Material Circularity Indicator that has been developed by the Ellen MacArthur Foundation. The Madaster Circularity Indicator is under development and is subject to constant change as the reliability of the data used for the calculation increases. All rights reserved.





Figura 16: Indicatori di circolarità

Successivamente vengono illustrati gli indicatori di circolarità per ogni specifica area dell'edificio. (Figura 17)

Una tabella mostra i parametri di valutazione presi in considerazione per il calcolo degli indicatori in ogni fase della vita dell'edificio. Per ogni area sono riportati i rispettivi valori. Nella fase di costruzione (Figura 17) vengono prese in considerazione le quantità di materie prime non vergini utilizzate, la quantità di materiali riciclati, di componenti riutilizzati, l'efficienza del processo di riciclaggio e la massa di rifiuti che si stima verranno prodotti in tale processo.

Nella fase di utilizzo (Figura 18) si prende in considerazione la durata stimata della vita dei materiali e la si confronta con le medie del settore.

La sezione sulla fase di fine vita dell'edificio (Figura 18), invece, tiene conto della quantità di materiali e di componenti recuperabili, la massa di rifiuti generata e l'energia necessaria per il loro incenerimento e l'efficienza del processo di riciclo.

CIRCULARITY INDICATOR (CI)



CIRCULARITY CONSTRUCTION PHASE

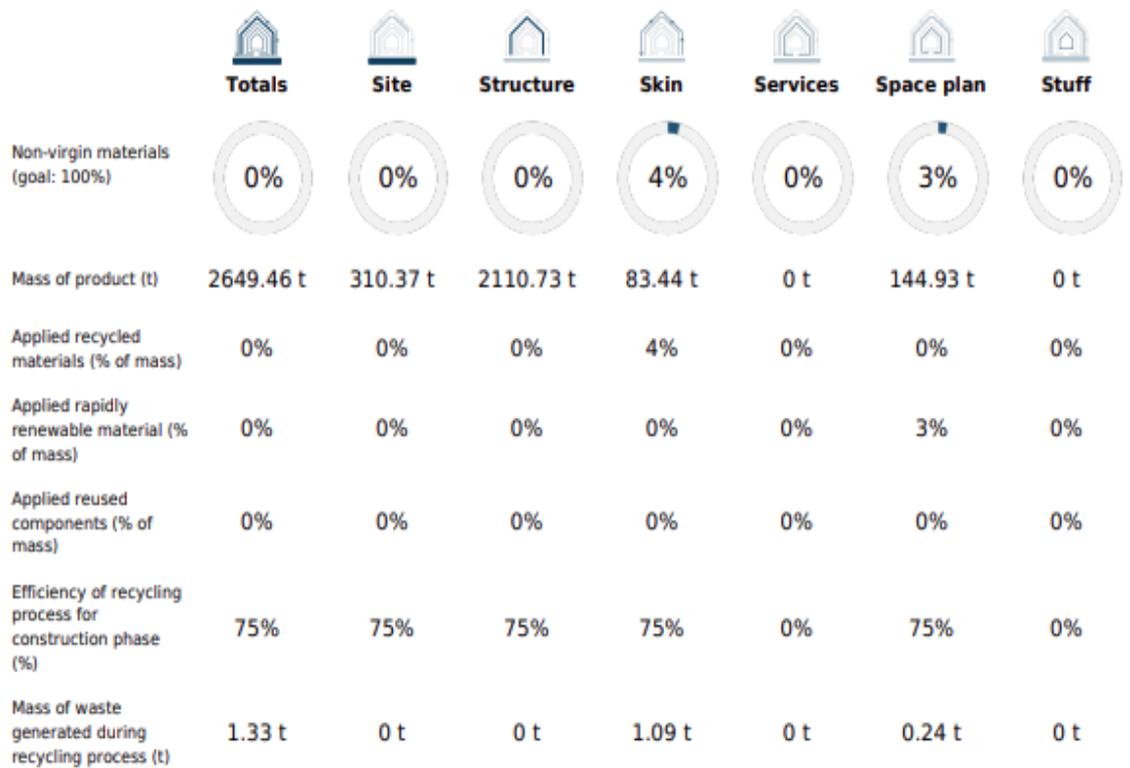
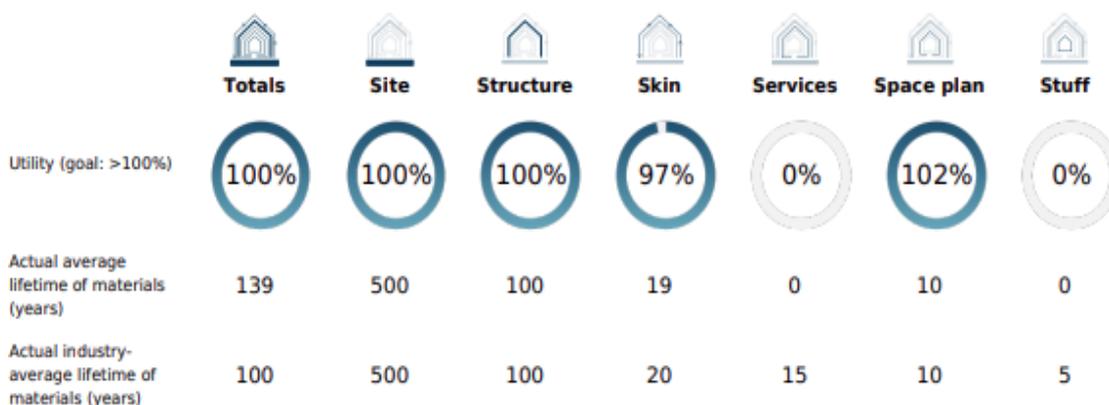


Figura 17: Indicatori di circolarità per specifica area dell'edificio seguiti dagli indicatori di circolarità della fase di costruzione

CIRCULARITY USE PHASE



CIRCULARITY END-OF-LIFE PHASE

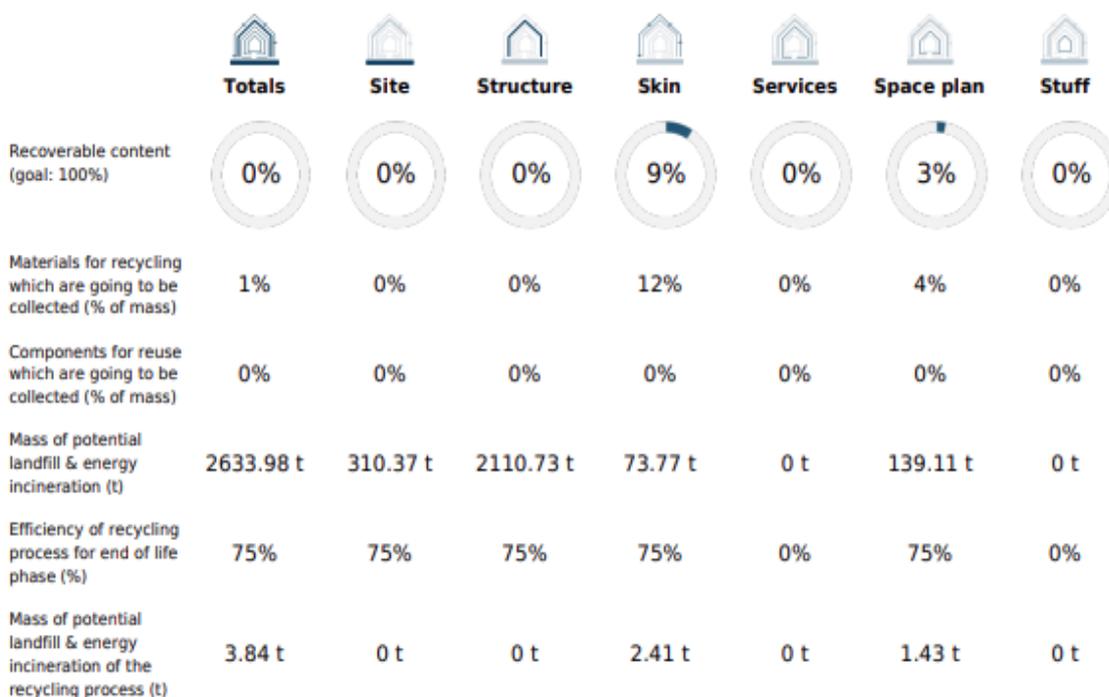


Figura 18: Indicatori di circolarità delle fasi di utilizzo e fine vita dell'edificio

CAPITOLO 6

CASO D'APPLICAZIONE: MATERIAL PASSPORT DI UN PAVIMENTO GALLEGGIANTE IN PERLATO DI SICILIA

In questo capitolo verrà costruito un esempio di Material Passport per un pavimento galleggiante in marmo Perlato di Sicilia. Per farlo ci si avvarrà delle informazioni donate dalla Sud Marmi srl, azienda di estrazione e lavorazione di marmi, presso la quale l'autore di questo testo sta svolgendo un tirocinio con incarichi amministrativi con responsabilità sul monitoraggio e l'ottimizzazione del processo produttivo.

6.1. SUD MARMİ SRL - AZIENDA SPECIALIZZATA NELL'ESTRAZIONE E NELLA LAVORAZIONE DI MARMİ

La Sud Marmi srl è un'azienda situata in Custonaci, in provincia di Trapani, nella zona nord-occidentale della Sicilia. Sud Marmi opera nell'estrazione e nella lavorazione di vari marmi, in particolare del Perlato di Sicilia, prodotto di cui l'area geografica possiede l'esclusiva mondiale.

L'azienda venne fondata nel 1980, in un periodo storico che vide l'esplosione del bacino marmifero di Custonaci, secondo soltanto a quello di Carrara. Nel tempo ha saputo crescere rapidamente, affondando i valori del proprio business model nel reinvestimento dei profitti in tecnologie sempre più innovative.

Oggi Sud Marmi può vantare una flotta di macchinari all'avanguardia, rientranti nel programma dell'Industria 4.0, grazie ai quali riesce ad ottimizzare i processi produttivi, massimizzando i profitti e minimizzando gli sprechi di materiale.

Sud Marmi esporta i suoi prodotti in tutto il pianeta, con particolare concentrazione nell'area del medio-oriente e dell'Africa settentrionale, garantendo ai propri clienti un elevato level service e rapidi tempi di evasione degli ordini.

I marmi che Sud Marmi lavora principalmente sono il Perlatino di Sicilia (altra eccellenza del bacino marmifero Custonacese), il Daino Imperiale, importato dalla Sardegna, e il già citato Perlato di Sicilia, che rappresenta il 70% dei volumi produttivi dell'azienda.

Per la produzione del Perlato di Sicilia, Sud Marmi ha deciso di integrarsi verticalmente a monte acquisendo due cave dalle quali estrae i blocchi, i quali vengono poi trasportati nel sito produttivo nel quale vengono trasformati in lastre o in marmette.

6.2. PROCESSO DI ESTRAZIONE E LAVORAZIONE DEL MARMO

L'industria del marmo è divisa in due macro-fasi. La fase di estrazione, che avviene nelle cave, e la fase di lavorazione in laboratorio, dove il blocco grezzo subisce una serie di lavorazioni fino al raggiungimento dello stato finale di prodotto finito. (Figura 19)

In cava avviene il *taglio della bancata*, che prevede il taglio di una grossa porzione di materiale dalla cava. Una volta tagliata la fetta, questa viene partizionata in più blocchi di dimensioni inferiori, che possono essere squadrati o informi.

Successivamente, tramite pesanti automezzi, i blocchi vengono portati a valle, dove si trovano i laboratori presso i quali verranno lavorati. Il processo prevede la trasformazione dei blocchi in lastre; queste vengono, poi, trattate con particolari resine che aumentano la resa e le performance; successivamente le lastre subiscono processi di lavorazione superficiale - su tutti, la lucidatura è il trattamento più diffuso; infine, la fresatura prevede il taglio delle lastre nelle sottomisure desiderate.

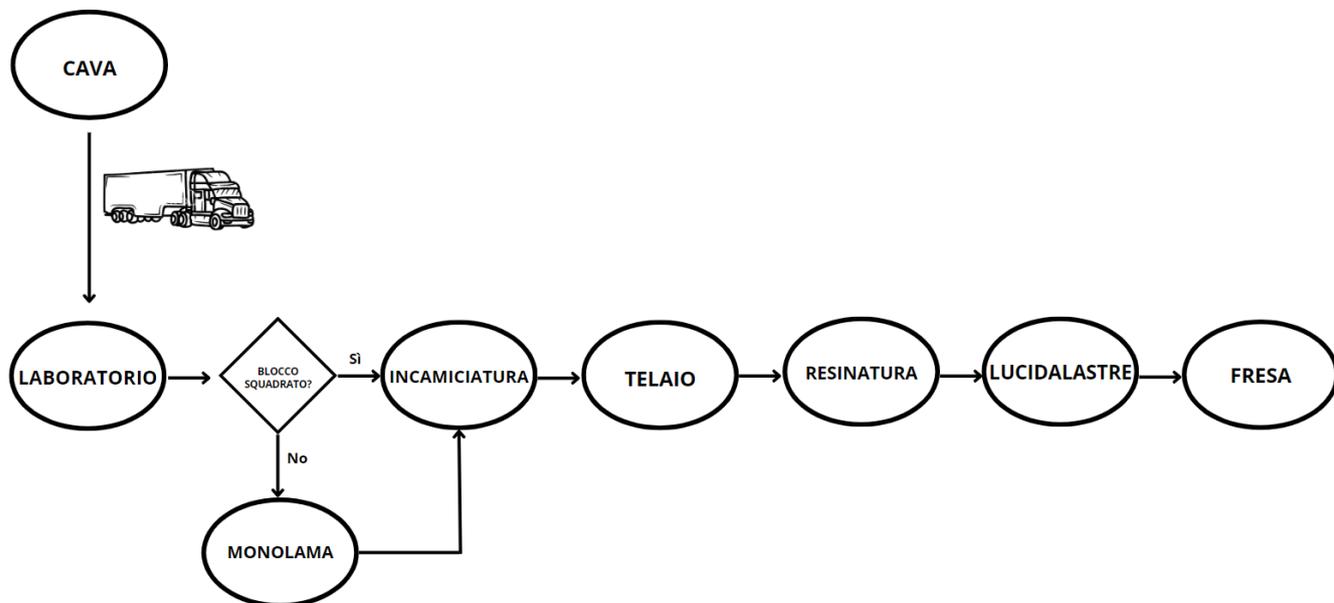


Figura 19: Diagramma di flusso dell'industria del marmo

6.2.1. FASE DI ESTRAZIONE

L'estrazione del marmo avviene nelle cave, le quali possono essere a cielo aperto o, più raramente, sotterranee. L'estrazione del marmo è un'operazione dispendiosa e spesso pericolosa; in tal senso lo sviluppo tecnologico sta offrendo diverse novità che agevolano l'estrazione e mettono al sicuro l'incolumità dei lavoratori.

La fase di "taglio" è quella in cui la "bancata" di marmo, ovvero la porzione da cui saranno ricavati i blocchi, è fisicamente staccata dalla montagna. Prima che ciò avvenga è necessario preparare adeguatamente la parete, al fine di ridurre al minimo gli sprechi e di rispettare la "coltivazione" della cava. La coltivazione della cava consiste nel seguire un preciso piano di taglio messo a punto da professionisti esperti in geologia e in ingegneria civile in fase di rilascio dei permessi. Il piano di coltivazione ha lo scopo di assicurare la tenuta della cava e la sicurezza dei lavoratori. Si procede, dunque, con una precisa delimitazione che tiene conto dello spessore della parete, della direzione che deve assumere il taglio, della distribuzione delle eventuali fenditure naturali della roccia, della resa in blocchi a cui la bancata può giungere, della continuità di colore e disegno del marmo.

Il metodo più moderno, nonché quello più diffuso oggi in tutte le cave, è il taglio con filo diamantato, introdotto verso la fine degli anni '70 nelle cave di Carrara. Il filo diamantato è composto da un cavo d'acciaio all'interno del quale vengono inserite, in una sequenza alternata con delle molle, le cosiddette "*Perline*", ovvero dei piccoli cilindri di acciaio ricoperti da schegge di diamante, che sfruttano così le proprietà di durezza del materiale, che consentono tagli più efficaci e precisi. Il filo viene collegato ad un impianto a motore che lo mette in tensione e lo fa scorrere attraverso il marmo lungo la linea di taglio. Grazie al filo diamantato, oggi, è possibile tagliare pezzi di montagna a velocità incredibilmente superiori rispetto alle tecniche del passato.

Altri metodi di taglio, benché meno diffusi, sono:

- taglio a catena, il quale avviene mediante l'utilizzo di macchinari che fanno scorrere nella roccia catene dentate;
- taglio a perforazione continua, che avviene attraverso la realizzazione di fori paralleli nella bancata che creano una fenditura continua che consentirà il distacco;
- taglio tramite tagliatrici a disco, le quali tagliano il marmo tramite dischi dentati;

- taglio tramite tagliatrici a getto d'acqua, che sfruttano l'azione tagliente di getti d'acqua ad alta velocità e pressioni elevate.

Una volta finito il taglio, il blocco deve essere poi staccato dalla montagna; si tratta di un'operazione rischiosa e delicata, che necessita di una determinata preparazione.

In primis bisogna provvedere alla preparazione del "letto", che consiste nel creare un letto di detriti misti a fanghiglia che hanno il compito di attutire la caduta del blocco ed evitarne la rottura.

Una volta preparato il letto si può procedere con il ribaltamento del blocco. L'operazione è condotta per mezzo di ruspe, cuscini divaricatori ad acqua e/o argani fissi che inclinano progressivamente la fetta, fino alla caduta. La fetta, cadendo, comprime una certa quantità di aria che, combinandosi con l'aria all'interno dei detriti del letto, forma una specie di cuscino che attenua l'urto, limitando, così, i danni dell'impatto. (Figura 20)

La bancata, una volta staccata dal monte, è dapprima movimentata o ridotta in blocchi quadrati o rettangolari in modo da rendere più agevole il trasporto dalla montagna verso il piano, dove il marmo è lavorato, oppure continua il suo viaggio verso i porti per raggiungere gli acquirenti in tutto il mondo.



Figura 20: Ribaltamento del blocco staccato dalla parete della cava

6.2.2. FASE DI LAVORAZIONE

I prodotti di cava sono, poi, ulteriormente trasformati in semilavorati e lavorati in laboratori industriali o artigianali, in generale esterni all'area di cava, per essere destinati all'impiego definitivo nei vari campi di applicazione. Le operazioni da eseguire sui prodotti di cava per ottenere semilavorati e lavorati possono essere ricondotte a due tipi principali: trattamenti sul volume, consistenti nella segazione di blocchi regolari ed irregolari e nella loro riduzione ad elementi di dimensioni minori; trattamenti sulla superficie, consistenti nella lavorazione delle superfici lapidee allo scopo di conferire loro un particolare aspetto estetico.

Una volta arrivato in laboratorio, il blocco di marmo viene rivestito da una stuoia in fibra di vetro incollata con resina poliestere. Questa operazione prende il nome di "*Incamicatura del blocco*". La stuoia avrà il compito di tenere compatte le future lastre durante le movimentazioni e le lavorazioni successive.

Dopo l'incamicatura i blocchi vengono lavorati dai telai multilama, che li trasformano in lastre, in genere con spessori di 2 o 3 cm.

I telai multilama sono composti da una grossa armatura contenente un insieme di lame rivestite da segmenti diamantati nella parte inferiore, che abradono il blocco, asportando la roccia. I blocchi vengono posizionati su degli ascensori che li sollevano con una velocità programmata, permettendo la graduale penetrazione delle lame, che scorrono sul blocco con un movimento rettilineo alternato e lo riducono in lastre.

Durante la loro azione le lame sono irrorate con abbondante acqua allo scopo di refrigerare l'utensile e di asportare i detriti del taglio. (Figura 21)

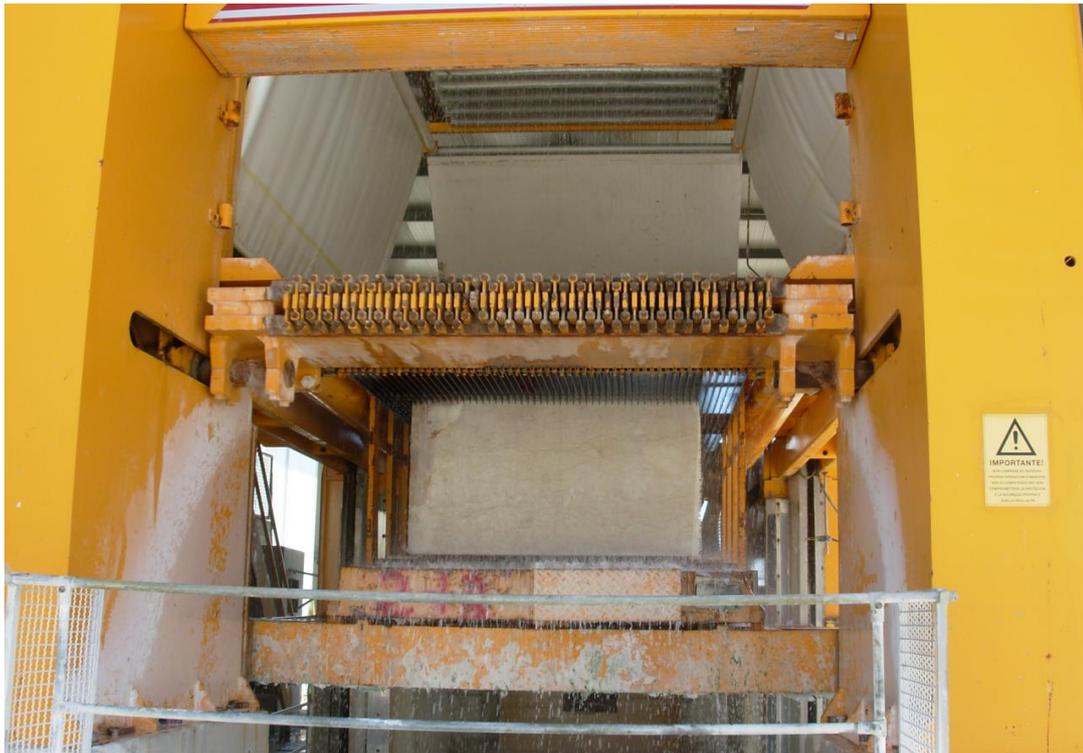


Figura 21: Telaio multilama in azione

Talvolta i blocchi potrebbero necessitare di un'operazione di squadratura prima dell'incamiciatura e del taglio per mezzo dei telai. Se i blocchi dovessero presentare delle facce dalla superficie irregolare, infatti, potrebbero prima dover passare dal telaio monolama. Si tratta di un telaio dal funzionamento simile a quello multilama, che serve a squadrare il blocco e renderlo un parallelepipedo idoneo per il telaio multilama.

Una volta avvenuta la riduzione del blocco in lastre, queste vengono trattate con particolari resine epossidiche o in poliestere, le quali hanno un duplice compito: tappare i pori naturali che il materiale presenta e intervenire come collante in caso di presenza di crepe.

Durante la fase di resinatura gli operatori versano la resina sulla lastra e la spalmano in tutta la superficie, accertandosi che penetri all'interno delle crepe e che venga assorbita dal materiale. Le lastre entrano poi in un forno, dentro il quale troveranno una temperatura che può variare dai 30 ai 50 gradi Celsius, a seconda della tipologia di resina utilizzata. Dentro il forno avviene il processo di catalisi, in cui la resina asciuga e svolge il proprio compito.

Il processo è semiautomatizzato e le lastre vengono movimentate per mezzo di rulliere, ascensori, ventose e barelle ribaltabili.

Terminato il processo di resinatura, le lastre passano all'impianto di lucidatura. In questa fase del processo le macchine lucidatrici spazzolano le lastre tramite moli abrasive, rimuovendo una patina superficiale di resina in eccesso e di marmo. Il risultato è una lastra lucente, maggiormente impermeabile e con qualità estetiche messe finalmente in risalto.

A questo punto la lastra è pronta per essere commercializzata nella sua interezza oppure può essere fresata per l'ottenimento di sotto misure funzionali allo scopo per cui verranno utilizzate.

La fresatura avviene per mezzo di una macchina a controllo numerico che preleva la singola lastra tramite un sistema di ventose e barelle ribaltabili. Una volta prelevata la lastra, la macchina scatta una foto e la mostra sul monitor col quale si interfaccia l'operatore. Quest'ultimo potrà, quindi, ordinare alla macchina il taglio desiderato, potendo prima simulare una serie di soluzioni di taglio diverse. Ogni simulazione darà in output la percentuale di scarto generato e il tempo necessario per quella determinata lavorazione. L'operatore potrà quindi scegliere a seconda di quelle che saranno le proprie esigenze, cercando di minimizzare tempi e scarti di lavorazione e/o massimizzare il valore del prodotto finito ricavato.

Una volta selezionata la soluzione di taglio più adeguata, un robot multilama esegue la lavorazione, ottenendo così il prodotto finito desiderato, che un sistema di ventose robotizzato si preoccuperà di prelevare e depositare nelle apposite casse.

Gran parte delle lavorazioni descritte vengono effettuate con apporto di acqua: l'acqua ha sia lo scopo di raffreddare gli utensili impiegati per il taglio che quello di asportare le particelle generate dal materiale in lavorazione durante le operazioni di taglio e lucidatura. Tutte le acque reflue che escono dai macchinari impiegati nelle suddette lavorazioni sono convogliate, mediante un sistema di canalette, presso apposite vasche a pelo libero ubicate in prossimità di due depuratori a sedimentazione statica di forma cilindro-conica; i reflui vengono quindi pompati dalle vasche all'interno dei depuratori e contestualmente, tramite una pompa dosatrice, una soluzione flocculante, opportunamente dosata, viene iniettata nella tubazione di mandata del refluo. All'interno dei sedimentatori si formano rapidamente fiocchi di fango che precipitano nella tramoggia, mentre l'acqua depurata passa per sfioro in altri silos adiacenti, dai quali viene rinviata, per caduta, ai vari reparti e

pertanto riutilizzata nuovamente nel ciclo di lavorazione. Il fango addensato nelle tramogge dei sedimentatori è convogliato ad apposite filtropresse a piastre, al fine di disidratarlo. Da quanto appena descritto si evince come le acque di lavorazione risultano confinate entro un circuito chiuso e come non vi sia alcuno sversamento di reflui all'esterno dello stabilimento.

Al termine del processo vi è un recupero d'acqua pressoché totale, corrispondente a circa il 98% della massa entrante. Seppure necessiti di un'abbondante mole d'acqua, quindi, grazie a questo sistema il processo riesce a contenere i consumi d'acqua entro limiti tollerabili.

6.3 CREAZIONE DEL MATERIAL PASSPORT

Al termine delle operazioni descritte, il risultato sarà un prodotto finito pronto per essere imballato e spedito in diverse parti del mondo, per le sue applicazioni finali.

In questo momento del suo ciclo vita, il materiale verrà affiancato dal proprio Material Passport, che lo accompagnerà per il resto della sua vita utile.

L'azienda produttrice genererà il file contenente le informazioni utili agli attori che si occuperanno del materiale/prodotto nelle fasi successive.

Verranno, quindi, inserite informazioni generali che presentano il tipo di materiale e ne rivelano la provenienza, seguite da informazioni riguardanti l'impresa che ha estratto il materiale, l'impresa che si è occupata della lavorazione e, se nota, anche l'azienda che acquista il prodotto e/o si occuperà della sua installazione.

Il material passport conterrà anche dati tecnici, utili a coloro che lo utilizzeranno, a coloro che si occuperanno dell'installazione o dello smaltimento e a coloro che potrebbero essere interessati ad un eventuale riutilizzo.

Saranno, quindi, aggiunti dati riguardanti parametri tecnici e prestazionali, ricavati da precedenti test svolti su campioni di materiale, periodicamente ripetuti.

Infine, verranno aggiunti dati facenti riferimento ai consumi di risorse generati dall'estrazione e dalla lavorazione del prodotto, vedi consumi di energia elettrica, acqua, GPL, carburante ed emissioni di CO2 conseguenti.

Questi valori saranno stimati tramite rilevazioni atmosferiche e dall'analisi dei consumi, rilevati tramite bollette o fatture d'acquisto, messi in relazione con la produzione corrispondente a quel determinato intervallo temporale.

Per quanto riguarda la fase di trasporto, nel caso Sud Marmi i consumi e le emissioni allocabili a questa fase sono già inseriti nelle voci “sourcing phase” e “processing phase”, poiché è la stessa azienda ad occuparsi della fase di trasporto. Qualora questo servizio dovesse essere svolto da terzi, sarebbe necessario inglobare all’interno del passaporto i dati inerenti la fase di trasporto provenienti dall’azienda che se ne è occupata.

In questa fase della vita del prodotto, la generazione del Material Passport e la sua gestione è un’attività ancora alla portata dell’azienda produttrice.

Nel momento in cui il prodotto finito lascerà lo stabilimento, però, non sarà più sotto la gestione dei produttori, ma passerà di volta in volta sotto la responsabilità dei vari attori della filiera che ne determineranno le sorti.

Sarà da questo punto in poi che entrerà in gioco la figura del consulente MP, il quale dovrà gestire la creazione e la gestione di Material Passport di entità più voluminose e articolate (come gli edifici), armonizzando i vari Material Passports dei componenti, appartenenti a livelli gerarchici inferiori, e aggiornandoli quando necessario.

6.4. CASO DI APPLICAZIONE DEL MATERIAL PASSPORT SU UN PAVIMENTO GALLEGGIANTE

6.4.1. PAVIMENTI GALLEGGIANTI - UNA SOLUZIONE INNOVATIVA ALL’INSEGNA DELLA CIRCOLARITA’

I pavimenti galleggianti, detti anche pavimenti sopraelevati, sono sistemi di pavimentazione che prevedono l'utilizzo di un piano di calpestio sollevato dal massetto del solaio per mezzo di strutture metalliche o plastiche. Essi sono particolarmente adatti negli ambienti di lavoro, caratterizzati da un elevato numero di impianti da dover coordinare.

La sopraelevazione del pavimento, infatti, determina un vano tecnico che permette il passaggio di cablaggi e connessioni di ogni genere (elettriche, telefoniche, informatiche, idrauliche, etc) o può essere utilizzato per il passaggio dell’aria, calda e/o fredda, con conseguenti vantaggi termici.

I pavimenti galleggianti sono particolarmente funzionali perché consentono di velocizzare gli interventi di manutenzione senza intaccare le opere murarie, limitando di conseguenza i tempi e costi degli interventi, ma anche l’utilizzo di risorse che questi comportano.

Essi danno, infatti, la possibilità di intervenire su un singolo pannello, senza intaccare i pannelli adiacenti.

Rispetto ai pavimenti tradizionali, i pavimenti galleggianti permettono di reimpostare nel tempo gli ambienti in funzione delle nuove esigenze di organizzazione dello spazio inserendo nuove postazioni di lavoro o modificando quelle preesistenti.

In linea con quanto detto nei capitoli precedenti, i pavimenti galleggianti possono essere una soluzione ideale in ottica circolare. Si provi ad immaginare un edificio prossimo alla dismissione contenente un pavimento galleggiante. Quel pavimento potrebbe essere ancora in ottime condizioni, o necessitare solamente di un intervento di ripristino della lucidatura e potrebbe, quindi, avere una seconda vita utile che vada oltre quella dell'edificio sul quale era stato originariamente installato.

Tramite il Material Passport e tramite Internet of Material, un progettista, un architetto, un designer, un costruttore, etc. potrebbero venire a conoscenza dell'esistenza di questa pavimentazione, ancora funzionale e che potrebbe fare al caso loro.

Si eviterebbe così, la produzione di un nuovo pavimento, con i relativi consumi di risorse e di energia.

Questo esempio spiega chiaramente il potenziale dei Material Passports che, abbinati a concept design modulari e rimovibili come i pavimenti galleggianti, possono dare un grosso contributo alla promozione di un sistema economico circolare.

6.4.2. MATERIAL PASSPORT DI UN PAVIMENTO GALLEGGIANTE IN MARMO PERLATO DI SICILIA

Per la creazione di questo Material Passport si prende come riferimento il Material Passport della piattaforma Madaster analizzato al Capitolo 4.

Verosimilmente, questo passaporto si troverà all'interno del Material Passport di un edificio, del quale la pavimentazione presa in esame rappresenta un componente di una classe gerarchica più dettagliata.

In questa simulazione si parte dal Material Passport dell'intera pavimentazione, la quale è composta principalmente da colonnine di supporto in acciaio zincato, viti metalliche e marmette in Perlato di Sicilia.

In maniera analoga a quanto visto nel Material Passport dell'edificio Madaster, nella prima parte del passaporto troviamo una panoramica che descrive il componente in esame, nella quale sono inserite informazioni riguardanti l'edificio nel quale è contenuto, gli attori

coinvolti nel suo attuale ciclo di vita, la sua collocazione geografica e ulteriori informazioni di carattere tecnico-prestazionale. (Figura 22)

Floating flow in Perlato di Sicilia marble

NAME OF BUILDING COMPONENT

Floating flow in Perlato di Sicilia marble

BUILDING

Torino Golden Palace

ADDRESS DETAILS

Address Corso Duca degli Abruzzi 24
Torino (TO)

Postal code 10136

INSTALLATION INFORMATION

Date of installation May 2021
Plant supplier company PoliTo Company
Plant installation company PoliTo Company
Previous use -
Last renovation -
Most recent BIM information 24/05/2022 4:57 PM
Surface area 200 m²
Component usage Meeting room



TECHNICAL INFORMATION

Max. load 600 kg/m²
Reaction to fire UNI EN 13501- 1
Fire resistance UNI EN 13501 -2
Sound insulation UNI EN ISO 10848-2:2017
Thermal conductivity UNI EN ISO 10456:2008

LABELS

BREEAM Good
GPR-score -
Indicative MPG score xx €/m²
LEED -

Figura 22: Material Passport della struttura “Pavimento galleggiante in Perlato di Sicilia”, contenuta in un edificio

TOTAL OVERVIEW

Nella sezione “Total Overview” (Figura 23) vengono elencate le macro-famiglie di materiali utilizzati. Per ogni macro-famiglia sono indicati: la percentuale con la quale questa è presente all’interno della struttura, l’ammontare in metri cubi e in tonnellate.

TOTAL OVERVIEW

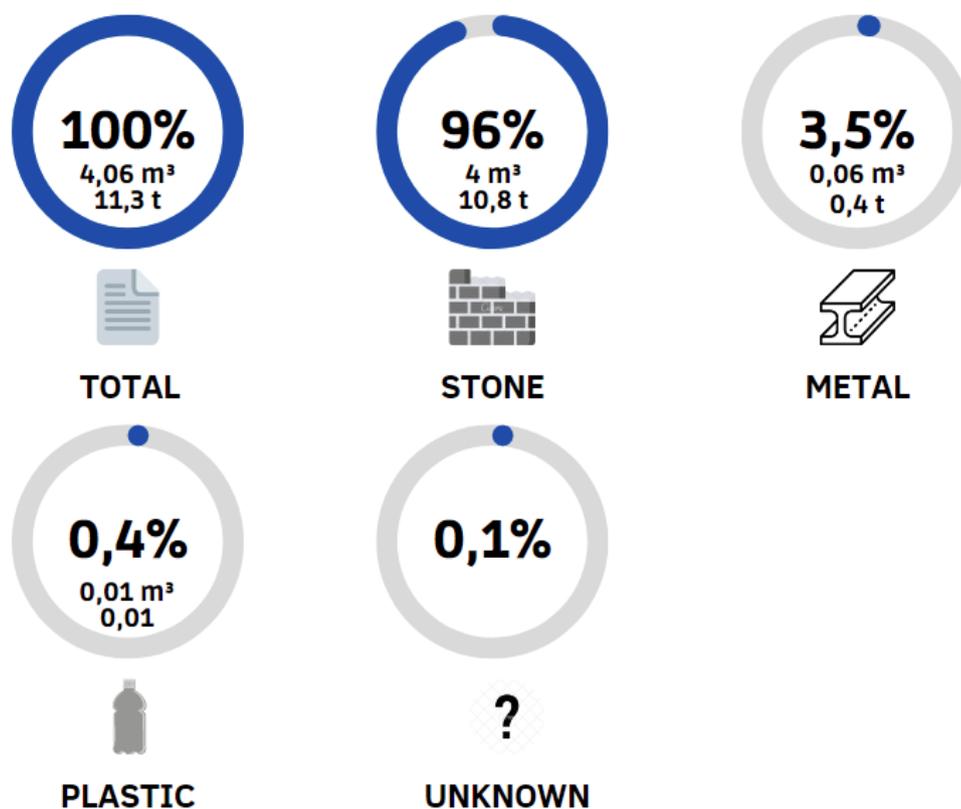


Figura 23: Total Overview

STRUCTURE PRIMARY ELEMENTS

In questa sezione vengono descritti i singoli elementi strutturali, fornendo per ognuno di essi la composizione dal punto di vista dei materiali espressa in volume e massa. (Figura 24)

STRUCTURE PRIMARY ELEMENTS

	STONE	METAL	PLASTIC	UNKNOWN
Support columns	-	0,06 m ³ 0,4 t	0,01 m ³ 0,01 t	-
60x60 tiles in Perlato di Sicilia marble	4 m ³ 10,8 t	-	-	-

Figura 24: Tassonomia degli elementi di un pavimento galleggiante e relative composizioni

Ognuna di queste righe può essere un link contenente un ulteriore Material Passport di livello gerarchico più dettagliato, con informazioni specifiche su quel determinato componente.

In questo esempio il link presente su “60x60 tiles in Perlato di Sicilia marble” (Figura 25) condurrà al Material Passport delle marmette in Perlato di Sicilia, all’interno del quale si troveranno tutte le informazioni sul materiale e sulla sua lavorazione.

STRUCTURE PRIMARY ELEMENTS

	STONE	METAL	PLASTIC	UNKNOWN
Support columns	-	0,06 m ³ 0,4 t	0,01 m ³ 0,01 t	-
60x60 tiles in Perlato di Sicilia marble	4 m ³ 10,8 t	-	-	-

Figura 25: Tassonomia degli elementi di un pavimento galleggiante e relative composizioni

Nella Figura 26 è mostrata la pagina iniziale del Material Passport del componente “60x60 tiles in Perlato di Sicilia marble”.

Al suo interno si trovano informazioni sul materiale e sulla provenienza, oltre alle informazioni sugli attori coinvolti nel ciclo vita e sulle date di lavorazione.

Dalla lettura del passaporto possiamo, infatti, sapere che si tratta di Perlato di Sicilia estratto a Custonaci, in Sicilia, nel Febbraio 2021 per opera dell’azienda Perlato Mining Company. Il materiale è stato lavorato nel Marzo 2021 dall’azienda Sud Marmi srl che ha trasformato il blocco di marmo nelle marmette che compongono il pavimento. Quest’ultimo è stato poi installato dall’azienda PoliTo Company.

60x60 tiles in Perlato di Sicilia marble

MATERIAL

Perlato di Sicilia marble

ORIGIN

Custonaci (TP), Sicily, Italy

GENERAL INFORMATION

Mining date	Feb 2021
Mining location	Custonaci (TP), Sicily, Italy
Mining company	Perlato Mining Company
Processing date	Mar 2021
Manufacture company	Sud Marmi srl
Installation company	PoliTo Company



Figura 26 Material Passport del componente “60x60 tiles in Perlato di Sicilia” contenuto nella struttura “Pavimento galleggiante in Perlato di Sicilia”

Nella sezione successiva sono contenute informazioni sulla fase di sourcing, ovvero l'estrazione del blocco dalla cava. (Figura 27)

Segue, poi, la sezione riguardante la fase processing, in cui il blocco di marmo viene lavorato e trasformato in marmette. (Figura 28)

Infine, nella sezione "Use phase" si troveranno informazioni riguardo l'attuale utilizzo del prodotto, gli eventuali utilizzi precedenti e gli eventuali interventi di manutenzione subiti. (Figura 29)

SOURCING PHASE

TECHNICAL INFORMATION

Imbibition factor	0,11%
Average bulk specific gravity	2689 Kg/m ³
Average compressive strength	129 MPa

EMISSION AND RESOURCE CONSUMPTION

Energy consumption	1,06 kWh/m ³
Water consumption	60 l/m ³
Fuel consumption	18,7 l/m ³
CO2 emission	1,04 kg/m ³

Figura 27: Informazioni tecnico/prestazionali sul Perlato di Sicilia dopo la fase di estrazione

PROCESSING PHASE

TECHNICAL INFORMATION

Average absorption weight	0,09%
Average bulk specific gravity	2690 Kg/m ³
Average compressive strength	129 MPa
Normal modulus of elasticity	705 t/cm ²
Simple compressive strength	2002 kg/cm ²
Average breaking load	4338 N
Average modulus of ropture	21,9 N/mm ²
Coefficient of linear thermal expansion	0.0043
Wear due to sliding friction	0.57

EMISSION AND RESOURCE CONSUMPTION

Energy consumption	8 kWh/m ²
GPL consupction	0,2 l/m ²
CO2 emission	5,2 kg/m ²

Chemical agents

Epoxy resin	50 g/m ²
-------------	---------------------

Figura 28: Informazioni tecnico/prestazionali sul Perlato di Sicilia dopo la lavorazione in laboratorio

USE PHASE

Current use	Floating floor in Torino Golden Palace
Previous uses	-
Date of installation	May 2021
Installation company	PoliTo Company
Maintenance interventions	-

Figura 29: Informazioni tecnico/prestazionali sul Perlato di Sicilia durante la fase d'utilizzo

6.4.3. VANTAGGI DERIVATI DALLA CONSULTAZIONE DEL MATERIAL PASSPORT

L'esempio appena mostrato può rappresentare chiaramente le potenzialità dei Material Passports.

Basti immaginare un costruttore che in un futuro remoto sia in procinto di costruire un edificio, all'interno del quale potrebbe avere bisogno di una pavimentazione in marmo, oppure potrebbe porre l'interesse della sua ricerca non tanto sullo specifico materiale, ma su una o più caratteristiche tecniche imprescindibili per quelle che sono le sue necessità. Inizierebbe, così, sull'ideale piattaforma Internet of Materials, una ricerca per filtri che lo conduca ad un ventaglio di soluzioni che più soddisfino le sue esigenze.

Tra queste potrebbe trovare le marmette di Perlato di Sicilia di cui si è costruito l'esempio di Material Passport in questo testo. Queste potrebbero essere disponibili perché l'edificio in cui erano installate è in fase di demolizione - parola che i principi su cui si fonda l'economia circolare hanno l'obiettivo di eliminare, sostituendola con "decostruzione", che implica la possibilità di rivalorizzare i componenti ancora utili - oppure perché ad essere dismessa, per motivi estetici o strutturali, sia stata soltanto la pavimentazione in questione, della quale, però, sarebbe ancora possibile recuperare dei componenti, come i mattoni in marmo.

A quel punto, il costruttore, potrebbe individuare il material passport in questione e ritenere che quella sia la soluzione più adatta a lui, avviando i contatti per l'acquisto di quel bene.

Così facendo, eviterebbe la produzione di qualcosa che in realtà in giro per il pianeta era già disponibile e, altrimenti, sarebbe stato destinato alla discarica. Questo gesto comporterebbe un minore consumo dei giacimenti di marmo ed eviterebbe i consumi e le emissioni derivanti dall'estrazione e dalla lavorazione che quel bene comporta.

Il singolo caso può sembrare una goccia nell'oceano, ma si provi a pensare un mondo interamente gestito dai Material Passports e da Internet of Materials: i benefici che si potrebbero avere sarebbero enormi, sia in termini economici che ambientali.

CONCLUSIONI

Il presente lavoro di tesi ha posto l'attenzione sulla situazione mondiale riguardo il consumo di risorse non rinnovabili e alle emissioni generate da un sistema economico compulsivo che tende a produrre senza sosta e a generare continuamente scarti.

Quello che per anni era stato un problema di cui si era a conoscenza, ma che nessuno voleva affrontare, adesso è diventato una priorità da risolvere con urgenza.

I cambiamenti climatici stanno via via diventando sempre più concreti e le loro manifestazioni iniziano ad essere seriamente minacciose verso l'umanità e la Terra tutta.

Al fine di ridurre l'impatto ambientale della presenza dell'umanità sulla Terra, appare inevitabile la necessità di passare da un sistema economico di tipo lineare, seguente il modello "estrai - produci - consuma - smaltisci", ad un modello economico circolare, che si pone l'obiettivo di riutilizzare i rifiuti, o meglio di eliminare il concetto stesso di rifiuto, concependo i prodotti di scarto come materie prime per nuovi cicli produttivi.

Il passaggio di paradigma da un modello economico all'altro non è ancora avvenuto ed il modello economico circolare stenta ad esplodere del tutto, poiché limitato da diversi fattori, di carattere economico, logistico e socioculturale.

Su tutti si è posta l'attenzione sulla *lack of information*, ovvero sulla mancanza di un adeguato sistema di gestione dei flussi informativi, fondamentale per l'implementazione di business circolari, i quali necessitano di una conoscenza dettagliata di quella che è stata la storia dei materiali, delle loro caratteristiche tecniche, della loro disponibilità e dei potenziali di riuso che questi possiedono.

Il Material Passport viene individuato come strumento fondamentale per aggirare questa barriera e consentire a tutti gli stakeholders della filiera di accedere al set informativo di cui necessitano al fine di svolgere al meglio il loro ruolo all'interno del ciclo vita del prodotto.

Esso consiste in una sorta di documento d'identità, da attribuire ai prodotti o ai materiali, che fornisce informazioni riguardo le caratteristiche tecniche, la collocazione geografica, gli stakeholders che hanno segnato la vita di quel prodotto/materiale e tutto ciò che può essere utile al fine di documentarne la storia e promuovere il prolungamento della vita utile, per mezzo di attività rientranti all'interno di business circolari.

L'idea di Material Passport sta prendendo campo in diversi settori; su tutti, quello edile è il settore in cui i potenziali benefici sono maggiori e nel quale ci si sta muovendo maggiormente con progetti e primi prototipi di applicazione.

Altri settori che stanno facendo passi avanti verso l'implementazione del Material Passport sono il settore dei veicoli elettrici e quello della moda.

Le potenzialità dei Material Passports vanno di pari passo con la necessità di digitalizzare tutte le informazioni, al fine di renderle facilmente accessibili a tutti gli attori della catena circolare del valore.

È necessaria, quindi, la creazione di una piattaforma pensata col nome di *"Internet of Materials"* che, analogamente al già noto concetto di Internet of Things, deve avere il compito di connettere il mondo reale con il mondo virtuale, garantendo un monitoraggio costante dei materiali e un set informativo dinamico, in costante aggiornamento e affidabile. Idealmente, Internet of Materials sarà una piattaforma all'interno della quale saranno contenuti tutti i Material Passports. Gli utenti potranno accedervi e utilizzare la piattaforma in maniera bidirezionale: fornendo in input informazioni oppure, se autorizzati, ricavando informazioni utili al proprio business circolare.

La creazione e la gestione dei Material Passports è un lavoro che richiede un grande sforzo logistico e una vasta conoscenza orizzontale. È ipotizzabile, quindi, la nascita di una nuova figura professionale: il consulente MP. Si tratterebbe di un nuovo stakeholder che avrebbe il compito di gestire e curare i Material Passports, soprattutto quelli più articolati, appartenenti a costruzioni complesse e/o assemblate, come ad esempio gli edifici.

In questo lavoro è stato creato un esempio di Material Passport attribuito ad un pavimento galleggiante. Il focus è stato concentrato sulle marmette in Perlato di Sicilia che compongono la pavimentazione, delle quali, a loro volta, è stato costruito un ulteriore Material Passport, grazie ai dati forniti dalla Sud Marmi srl, azienda produttrice.

I Material Passports potrebbero dare un grosso contributo alla promozione del sistema economico circolare, aiutando ad evitare l'inutile produzione di nuovi prodotti che invece sono già disponibili, sparsi per il Pianeta, per una seconda vita utile, i quali, altrimenti, sarebbero destinati alla discarica. Ciò comporterebbe un minore consumo dei giacimenti

di risorse, ridurrebbe il problema dello smaltimento dei rifiuti ed anche le emissioni derivanti dalle filiere produttive.

Attualmente la sfida presenta ancora una serie di barriere da superare: sarà necessario standardizzare la raccolta delle informazioni e i metodi di costruzione e gestione dei passaporti.

La via da percorrere è tracciata dai contributi innovativi provenienti dal settore informatico e digitale, i quali saranno fondamentali per un progetto che fa della digitalizzazione delle informazioni il suo perno principale.

Interessante potrà essere il contributo che potrebbero dare in futuro le tecnologie blockchain, sulle quali si sta lavorando per un'interazione ottimizzata coi passaporti digitali. Quello che al momento può sembrare un progetto utopico e lontano nel tempo, potrebbe avere una rapida accelerata grazie allo sviluppo di queste tecnologie sempre più all'avanguardia e grazie ad interventi legislativi che spingono sempre più verso la promozione di iniziative sostenibili. I Material Passports potrebbero ben presto essere una realtà affermata ed invadere la nostra quotidianità, con enormi benefici, sia in termini economici che ambientali.

Bibliografia e sitografia

- [1] Mayara Regina Munaro and Sergio Fernando Tavares (2020), “Materials passport’s review: challenges and opportunities toward a circular economy building sector”
- [2] <https://www.overshootday.org/newsroom/past-earth-overshoot-days/>
- [3] Luigi Panza, Giulia Bruno, Franco Lombardi, “A Collaborative Architecture to support Circular Economy through Digital Material Passports and Internet of Materials”
- [4] Mark Esposito, Terence Tse e Khaled Soufani, “L’avanzata dell’economia circolare”
- [5] Lacy e Lamonica (2016), “L’economia circolare”
- [6] Gabriele Turco (2021), “Economia circolare: i cinque modelli di business”
- [7] Mark Esposito, Terence Tse e Khaled Soufani (2015), “L’avanzata dell’economia circolare”
- [8] <https://www.youtube.com/watch?v=ZtRt3hKty4M>
- [9] “100-Day Reviews under Executive Order 14017” (2021), report della Casa Bianca
- [10] <https://www.rinnovabili.it/ambiente/wwf-paesi-ue-consumo-risorse-naturali/>
- [11] <https://www.rinnovabili.it/ambiente/cambiamenti-climatici/acque-ghiaccio-scienza-isole-svalbard/>
- [12] <https://www.focus.it/ambiente/ecologia/covid-overshoot-day-2020-in-ritardo>
- [13] [Ri.Circola – I cinque modelli di business dell’Economia Circolare \(ricircola.it\)](https://www.ricircola.it/)
- [14] [L’economia circolare, nuova frontiera della sostenibilità | Starting Finance](https://www.startingfinance.com/it/la-nuova-frontiera-della-sostenibilita/)
- [15] [Overshoot Day: cos’è, come si calcola e quando cade \(lecopost.it\)](https://www.lecopost.it/overshoot-day-cos-e-come-si-calcola-e-quando-cade/)
- [16] [Diritto alla riparazione, negli Usa nuovi passi in avanti. Mentre in Europa ... \(economicircular.com\)](https://www.economicircular.com/it/la-riparazione-negli-usa-nuovi-passi-in-avanti-mentre-in-europa-...)
- [17] [L’economia circolare cinese: Capire il nuovo Piano Quinquennale \(china-briefing.com\)](https://www.china-briefing.com/it/la-nuova-economia-circolare-cinese-capire-il-nuovo-piano-quinquennale/)

- [18] Ministero della transizione ecologica (2021), “Strategia nazionale per l’economia circolare”
- [19] Augusto Bianchini, Jessica Rossi and Marco Pellegrini (2019), “Overcoming the Main Barriers of Circular Economy Implementation through a New Visualization Tool for Circular Business Models”
- [20] Joerg Walden, Angelika Steinbrecher, and Maroye Marinkovic (2021), “Digital Product Passports as Enabler of the Circular Economy”
- [21] Lars Marten, “Luscure Materials Passports: Optimising value recovery from materials”
- [22] AUTORI?? Calcolo e valutazione degli indicatori di circolarità per l'ambiente costruito, utilizzando i casi studio di UMAR e 36Madaster
- [23] [ReCheck aiuta a sviluppare il passaporto di circolarità dei materiali - ReCheck](#)
- [24] https://www.bamb2020.eu/wp-content/uploads/2019/02/BAMB_MaterialsPassports_BestPractice.pdf
- [25] <https://www.bamb2020.eu/>
- [26] <https://www.onetools-project.lu/en/bimaterial-buildingone-used-in-research/>
- [27] Meliha Honic, Iva Kovacic, Helmut Rechberger, “Il passaporto dell'edilizia fisica basato su BIM come strumento di ottimizzazione”
- [28] https://www.industriebau.tuwien.ac.at/fileadmin/mediapool-industriebau/Diverse/Forschung/BIMaterial_Brosch%C3%BCre_Kurzversion_englisch.pdf
- [29] https://wikitia.com/wiki/Global_Battery_Alliance
- [30] <https://energiaoltre.it/auto-elettriche-in-arrivo-il-passaporto-per-le-batterie/>
- [31] Global Battery Alliance report “A Vision for a Sustainable Battery Value Chain in 2030 Unlocking the Full Potential to Power Sustainable Development and Climate Change Mitigation”
- [32] <https://www.innovationpost.it/2022/05/05/la-pandemia-accelera-digitalizzazione-rapporto-bei/>

- [33] <https://tendenzeonline.info/articoli/2022/05/27/digitale-e-sostenibilita/>
- [34] https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/find-funding/eu-funding-programmes/digital-europe-programme_it
- [35] <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/data-act>
- [36] <https://renewablematter.eu/articoli/article/europa-in-arrivo-il-passaporto-digitale-dei-prodotti>
- [37] <https://madaster.com/material-passport/>
- [38] <https://cordis.europa.eu/article/id/386930-facilitating-the-reuse-of-building-materials/it>
- [39] <https://www.nannigiancarlo.it/index.php/blog-e-informazioni-rivestimento-pavimenti-pareti/57-blog-ecologia-edilizia/305-breeam-standard-progettuale#:~:text=BREEAM%20C3%A8%20una%20metodologia%20di,certificare%20la%20sostenibilit%C3%A0%20degli%20edifici>
- [40] <https://www.handelbouwadvies.nl/gpr-gebouw-berekening-gpr-score/>
- [41] <https://www.handelbouwadvies.nl/mpg-berekening/mpg-ontwerp-tips-en-tricks/>
- [42] <https://www.giordano.it/p1-c864-t1-test-sri-indice-di-riflessione-solare-in-ottica-led.php#:~:text=Gli%20standard%20LEED%2C%20indicano%20i,coinvolte%20nel%20processo%20di%20realizzazione>
- [43] <https://www.lavoce.info/archives/93579/digitale-e-sostenibilita-un-matrimonio-possibile/>
- [44] <https://www.consilium.europa.eu/it/press/press-releases/2022/04/23/digital-services-act-council-and-european-parliament-reach-deal-on-a-safer-online-space/>
- [45] <https://sudmarmi.it/>