

POLITECNICO DI TORINO
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN
ARCHITETTURA PER IL PROGETTO SOSTENIBILE
A.A. 2018/19

REMATTRESS

NUOVI SCENARI DI REIMPIEGO DEGLI SCARTI PRODOTTI DALL'INDUSTRIA DEL MATERASSO

RELATORE

Roberto Giordano

CANDIDATA

Gabriella Fuzio

CORRELATRICE

Silvia Tedesco

MATRICOLA

S239741

***“I rifiuti non esistono,
solo risorse!”***

Anders Lendager

Introduzione p. 7

01

I rifiuti del materasso: scarti di lavorazione e prodotti a fine vita p. 9

- 1.1 I rifiuti in fase di post consumo **p. 12**
 - 1.1.1 Il quadro normativo per la classificazione, gestione e smaltimento rifiuti **p. 12**
 - 1.1.2 La gestione dei rifiuti ingombranti a Torino **p. 24**
 - 1.1.3 Il riciclaggio dei materassi a fine vita: l'esempio Comet recycling s.r.l. **p. 29**
- 1.2 I rifiuti in fase di pre consumo **p. 35**
 - 1.2.1 Il processo produttivo del materasso: il caso studio Flexilan 2000 s.r.l. **p. 35**
 - 1.2.2 Rifiuti prodotti dall'azienda **p. 43**

Caratterizzazione degli scarti di produzione p. 82

- 3.1 I dati della letteratura scientifica internazionale **p. 84**
- 3.2 I dati ricavati dal Cambridge Engineering Selector **p. 91**
 - 3.2.1 I materiali considerati **p. 92**
 - 3.2.2 Le proprietà dei materiali **p. 98**
 - 3.2.3 Analisi dei risultati **p. 102**

03

05

Il prototipo p. 145

- 5.1 Il processo di realizzazione **p. 148**
- 5.2 Valutazione qualitativa delle performance acustiche:
 - intervista all'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRiM) **p. 155**
- 5.3 Scheda prodotto **p. 162**

**Da rifiuto a risorsa:
best practices dal mondo p. 50**

2.1 Il concetto di *Circular economy* p. 53

2.2 3R Action Plan p. 56

2.3 3R: Reuse p. 58

2.3.1 Reimpiego in Architettura p. 60

2.3.2 Il reimpiego del materasso fuori uso p. 68

2.4 3R: *Recycle* p. 70

2.4.1 Riciclo del materasso fuori uso p. 73

2.4.1.1 *Recyc-Mattresses*, Francia e Canada p. 74

2.4.1.2 Niaga+DNS, Olanda p. 76

2.4.1.3 *Soft landing*, Australia p. 77

2.5 3R: *Reduce* p. 79

02

04

Sviluppo di prodotti fonoassorbenti p. 120

4.1 Normative per il comfort acustico p. 123

4.2 Il concept p. 128

4.3 Scenari proposti p. 131

4.4 Progetto di filiera p. 143

Considerazioni finali p. 179

Bibliografia p. 185

Ringraziamenti p. 199

06

Sempre più oggi si parla di problematiche legate all'inquinamento dell'ambiente perchè i danni che l'uomo ha provocato nel corso dei secoli stanno lasciando dei segni indelebili. Non ci rendiamo conto che viviamo in una società industrializzata che grazie ai suoi mezzi mediatici fa apparire un bene superfluo come un bene di prima necessità. Abbiamo costruito, giorno dopo giorno, un mondo che stiamo autodistruggendo e che adesso, in maniera disperata, cerchiamo di salvare.

L'obiettivo di questa tesi è quello di dare un piccolo contributo a uno dei più grandi problemi che affligge l'intero ecosistema. La gestione dei rifiuti, in particolar modo quella dei materassi fuori uso e dei rifiuti prodotti dall'industria del materasso, nel nostro Paese, non è ancora un problema ben gestito.

Il voler dedicare l'attenzione a questa tematica è stato grazie all'Atelier di progettazione del Corso di Laurea Magistrale, in cui è stata evidenziata l'importanza dell'applicazione della regola delle tre R in un'ordinaria progettazione, sensibilizzando lo studente ai problemi che oggi un architetto deve saper affrontare e vedere come un'opportunità ciò che altri vedono solo come un rifiuto.

L'argomento è stato scelto grazie alla collaborazione durante il tirocinio curricolare con l'arch. Giorgio Ceste di *FWstudio* che ha permesso di entrare a far parte di questa ricerca già iniziata in precedenza.

L'idea era quella di mettere in comunicazione due mondi molto distanti, l'Architettura e l'industria del materasso.

Il primo passo è stato quello di comprendere i fondamenti della produzione di un materasso, di quali materiali è costituito e la sua vita utile.

Tutto questo è stato possibile grazie alla Flexilan 2000 s.r.l. che ha aperto le porte dell'azienda, risposto a tutte le nostre domande e il materiale utile per sviluppare questa ricerca di tesi.

Osservare come avviene la costruzione di un materasso è stato fondamentale per individuare alcuni punti critici del processo produttivo ed trovare delle possibili soluzioni.

Ad esempio, la Flexilan 2000 s.r.l. produce troppi sfridi di varia natura durante la fase di ritaglio del rivestimento. Gli sfridi sono costituiti da materiali diversi cuciti tra di loro in maniera tale da rendere difficile differenziare gli elementi di cui è composto, diventando così impossibile recuperarli.

L'obiettivo di questa ricerca, è quello di partire dal problema dello scarto industriale e trovare un nuovo impiego in edilizia.

Per comprendere quale impiego potrebbe valorizzare al meglio questo tipo di scarto, è stata avviata una ricerca per verificare se nel panorama scientifico mondiale, sono già presenti ricerche analoghe a questa per tipologie di materiali considerati.

La ricerca ha permesso di scoprire realtà *green* che riescono ad evitare l'utilizzo dell'inceneritore per il materasso fuori uso grazie a nuovo piano d'azione che consiste nel scomporre manualmente e meccanicamente il materasso per poi riciclare ogni sua parte.

In conclusione, analizzare le proprietà e le attività condotte da altri ha aiuto ad ampliare gli orizzonti e ad indirizzare lo studio nel reimpiegare gli sfridi di rivestimento del materasso per realizzare un pannello fonoassorbente in un'ottica di *Circular Economy*.

**I RIFIUTI DEL MATERASSO:
SCARTI DI LAVORAZIONE E PRODOTTI A FINE VITA**

01



Foto di Gabriella Fuzio.

Grazie alla collaborazione durante il tirocinio curricolare con l'architetto Giorgio Ceste del collettivo *Farwaste* sono giunta a conoscenza della ricerca che ha intrapreso sul riuso di scarti di materassi, insieme al suo collega Alessandro Zanzo. I due architetti hanno iniziato la loro collaborazione nel 2012 con una lunga ricerca delle maggiori aziende produttrici di materassi in Piemonte, in particolar modo nella provincia di Torino. La ricerca era circoscritta nella zona dove loro operano così da facilitare gli spostamenti. Sono state contattate più di 100 aziende ma quasi tutte non si sono mostrate disponibili ad una futura collaborazione, la sola ad aver avuto un riscontro positivo è stata la Flexilan 2000 s.r.l.. Fin da subito il dirigente ha mostrato interesse per la ricerca e ha fornito tutti i dati richiesti e anche del materiale di scarto che l'azienda produce giornalmente così da poter fare le prime ipotesi a riguardo. Il fine della ricerca inizialmente era quello di utilizzare il materiale di scarto come materia prima per la realizzazione di un nuovo isolante termico e acustico a basso impatto ambientale. La ricerca si è interrotta per un lungo periodo, lasciando irrisolti dei punti di sviluppo che sono stati riconsiderati in questo lavoro di tesi.

1.1 I rifiuti in fase di post consumo

1.1.1 Il quadro normativo per la classificazione, gestione e smaltimento rifiuti

Definizione

Se parliamo di rifiuto pensiamo ad oggetto che ha perso il suo valore o funzione e non viene più utilizzato da chi lo ha acquistato, per questo viene gettato in discarica senza alcun interesse a recuperarlo. Secondo il Decreto legislativo del 3 Aprile 2006, n°152 *“si definisce rifiuto qualsiasi sostanza o oggetto di cui il detentore si disfi o abbia deciso o abbia l’obbligo di disfarsi”*¹.

A questo si associano quasi sempre parole con un significato negativo e che fanno riferimento al degrado, all’inutilizzo, ad un guasto, al termine della sua funzione o all’obbligo di disfarsene. La Corte di Giustizia delle Comunità Europee asserisce infatti che l’applicazione del termine rifiuto è strettamente correlata al significato che il termine “disfarsi” possiede.

1 Articolo 183 del Decreto Legislativo 152/2006.

La tipologia

La causa più grave da dover gestire è l'obsolescenza² del prodotto che non è sempre riferita al deterioramento del prodotto dovuto al consumo eccessivo. Sono riconosciuti diversi tipi di obsolescenza tra cui:

- Tecnologica
- Estetica
- Dimensionale
- Funzionale
- Programmata³

L'obsolescenza programmata⁴ è la più pericolosa poichè che scandisce le tempistiche del consumismo moderno. È quel fenomeno che costringe i consumatori a cambiare i propri prodotti tecnologici in un tempo sempre più ravvicinato. Questo è dovuto al fatto che vengono costruiti con componenti di medio-bassa qualità e soprattutto alimentato dal fatto che i costi di riparazione superano o

2 *"[...] perdita di efficienza e di valore economico subiti da un apparecchio, da un impianto, da una tecnologia a causa del progresso tecnologico, ossia dell'immissione sul mercato di nuovi macchinari che, producendo a costi più bassi, rendono non più competitivi quelli esistenti. Il termine è usato anche con riferimento a beni di consumo (per es., automobili, elettrodomestici o calcolatori) di cui vengono presentati nuove forme o perfezionamenti che inducono ad abbandonare il vecchio modello."* Istituto dell'Enciclopedia Italiana, Treccani, versione online, < <http://www.treccani.it/vocabolario/obsolescenza/>>, s.f., "obsolescenza".

3 James Hennessey, Victor Papanek, *How thing don't work*, in Massimo Foti, *Riuso ed Uso Alternativo*, Torino, Levrotto e Bella, 1979, p. 9.

4 *"Espressione con cui si fa riferimento al processo mediante il quale, nelle moderne società industriali, vengono suscitate nei consumatori esigenze di accelerata sostituzione di beni tecnologici o appartenenti ad altre tipologie [...]"* Istituto dell'Enciclopedia Italiana, Treccani, versione online, < <http://www.treccani.it/enciclopedia/obsolescenza-programmata/>>, "obsolescenza programmata".

non sono convenienti rispetto all'acquisto di un nuovo prodotto più avanzato tecnologicamente o anche solo nella sua forma estetica. Sono strategie di marketing che inducono il consumatore a preferire il nuovo piuttosto che riparare il vecchio che in breve tempo risulta essere obsoleto.

Una teoria che ancora più ha inciso negativamente sulla sostenibilità ambientale è quella dell'"usa e getta". Nata probabilmente nei primi anni del '900 quando è entrata in commercio la prima lametta usa e getta. La società fondatrice Gillette diede vita ad un prodotto economico, comodo, funzionale, alla portata di tutti e con una durata limitata. I prodotti usa e getta, in generale, presentano numerosi vantaggi soprattutto nell'ambito sanitario poiché garantiscono sterilità per prodotti come siringhe, cerotti, guanti. Altri vantaggi possono essere la loro estrema economicità e praticità. Ma solo da qualche anno, si stanno considerando i veri effetti di questo eccessivo consumo. Se riflettiamo un secondo, ogni casa possiede, almeno un prodotto usa e getta come qualsiasi involucro di plastica che riveste un prodotto, tovaglioli di carta o come stoviglie di plastica. Immediatamente dopo l'utilizzo questo viene considerato come un rifiuto solido urbano al quale è riservato un destino diverso a seconda della sua composizione. Le alternative possono essere il deposito in discarica, l'utilizzo di un inceneritore o in un impianto di compostaggio o riciclaggio. L'aumento dell'inquinamento è dovuto allo scorretto smaltimento soprattutto se questi rifiuti sono composti da materiali non biodegradabili come la plastica. L'abbandono dei

rifiuti comporta dei danni irreversibili in natura come ad esempio la morte di animali, soprattutto specie marine, perché non hanno la capacità di riconoscere i rifiuti dispersi in mare dal loro cibo. Inoltre, l'abbandono degli stessi, se prolungato per troppo tempo comporta un rilascio in ambiente di sostanze inquinanti.

Classificazione dei rifiuti

Come è stato detto nel paragrafo precedente, è il Decreto Legislativo n. 152/06, art. 183, reso noto come Testo Unico Ambientale, che definisce il concetto di rifiuto nell'accezione più profonda. Nell'art. 184 del medesimo Decreto Legislativo, viene approfondito il tema definendo la classificazione degli stessi.

Come mostra l'immagine, i rifiuti vengono classificati in base all'origine e alla sua pericolosità.



Elaborazione personale della classificazione dei rifiuti.

Per rifiuti urbani⁵ si intendono tutti quei rifiuti prodotti da locali e da

⁵ Articolo 184 del Decreto Legislativo 152/2006.

civile abitazione o anche da locali adibiti ad usi diversi che producono rifiuti non pericolosi per quantità e qualità. Sono anche considerati tali i rifiuti di origine vegetale, quelli presenti su suolo pubblico come strade, spiagge e anche quelli prodotti da attività cimiteriale.

Per rifiuti speciali⁶ si intendono quei rifiuti prodotti da attività agricole, industriali, di demolizione e scavo, artigianali, commerciali, sanitarie, di servizio e da attività di recupero e smaltimento rifiuti.

Per rifiuti pericolosi si intendono quei rifiuti che presenta una o più caratteristiche presenti nell'allegato I della parte quarte dello stesso decreto. Inoltre, nell'allegato I del Decreto legislativo del 3 dicembre 2010, n° 205, vengono stabilite le caratteristiche di pericolo per i rifiuti che sono:

- esplosivo
- comburente;
- facilmente infiammabile;
- infiammabile;
- irritante;
- nocivo;
- tossico;
- cancerogeno;
- corrosivo,
- infettivo,
- tossico per la riproduzione;

⁶ Articolo 184 del Decreto Legislativo 152/2006.

- mutageno;
- sensibilizzanti;
- ecotossico;
- rifiuti che dopo l'eliminazione sprigionano un'altra sostanza;
- rifiuti che in presenza di acqua, aria o acido, sprigionano un gas tossico o molto tossico.

L'art. 184 del D.lgs 152/06 sostiene anche che per un rifiuto considerato pericoloso si tiene conto anche dell'origine e della composizione e dei valori limite di concentrazione per la presenza di sostanze tossiche. Sempre nello stesso documento viene illustrato il concetto di "*end of waste*" che fa riferimento a quando un rifiuto cessa di essere tale quando viene sottoposto ad operazioni di recupero. Queste operazioni però possono essere avviate solo se soddisfano le condizioni generali che sono:

1. se la sostanza o l'oggetto considerato è utilizzato comunemente per determinati scopi;
2. se è presente un mercato o una richiesta per la stessa sostanza o oggetto;
3. se la sostanza o oggetto rispetta i requisiti tecnici per gli scopi in verrà utilizzato e rispetta la normativa e gli standard applicabili al prodotto;
4. l'utilizzo della sostanza o oggetto non reca danni all'ambiente e all'uomo.

A queste condizioni generali si aggiungono altre più specifiche che possono comprendere ad esempio i valori limite delle sostanze

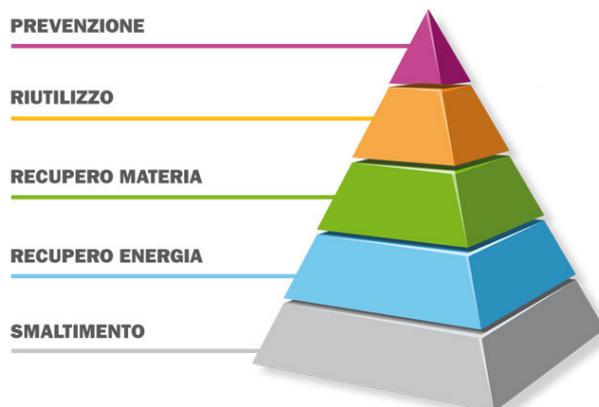
inquinanti ammissibili considerando gli effetti negativi che questi comportano sull'uomo e sull'ambiente.

É fondamentale introdurre il concetto di sottoprodotto⁷ il quale è considerato come il risultato di un processo industriale finalizzato alla produzione di un altro oggetto. L'articolo 183 bis definisce i caratteri generali del concetto di sottoprodotto, definendolo come parte integrante del processo di produzione il cui obiettivo non è la realizzazione dello stesso. La sostanza o l'oggetto deve subire dei processi di trasformazione o utilizzarlo direttamente così come si presenta nel rispetto dell'uomo e dell'ambiente, tenendo conto i valori limiti concessi.

I rifiuti, prima che essi vengano destinati allo smaltimento o al recupero, vengono catalogati e ordinati secondo la classe di appartenenza. La Direttiva 75/442/CEE ha dato vita al Catalogo Europeo dei Rifiuti, il quale raccoglie un elenco di codici per la classificazione dei rifiuti. I codici che vengono attribuiti ai rifiuti si compongono di 6 cifre raggruppate in 3 coppie. Il primo gruppo di cifre rappresenta il capitolo in cui si collocano mentre il secondo identifica il processo produttivo. Se si tratta di un rifiuto pericoloso allora al termine delle cifre sarà presente un asterisco. L'elenco aggiornato dei codici registra 842 rifiuti classificati.

⁷ “[...] materiale originato da un processo di produzione, di cui costituisce parte integrante, e il cui scopo primario non è la produzione di tale sostanza od oggetto [...]. L'oggetto sarà utilizzato, nel corso dello stesso o di un successivo processo di produzione o di utilizzazione”. Articolo 183 del Decreto Legislativo 152/2006.

Gestione e smaltimento rifiuti



Fonte: <http://nec-eco.com>

Lo schema della *waste hierarchy* mostra in maniera molto elementare quello che viene stabilito dalla Direttiva 2008/98/CEE. Il documento fornisce un quadro completo delle diverse alternative disponibili per il trattamento dei rifiuti. La direttiva pone anche un ordine gerarchico sottolineando che la miglior pratica da svolgere è quella di ridurre il consumo nel proprio quotidiano. La prevenzione consiste nel ridurre gli imballaggi e favorire il riciclaggio dei materiali prodotti.

Prevenzione significa prestare attenzione a ciò che si consuma. Questo favorisce la riduzione della quantità di rifiuti che occupano spazio nelle discariche diminuendo anche le emissioni inquinanti prodotte dal trasporto delle merci.

Il **riutilizzo** è una buona pratica da svolgere per eliminare l'abbandono dei rifiuti che possono avere una seconda vita, ripulendo e riparando il bene dismesso.

Il **recupero materia** o **riciclaggio** consiste in un processo di

trasformazione del prodotto per ottenere prodotti o sostanze che possono essere riutilizzati per la funzione originaria o diversa.

Energia recuperata significa che i rifiuti possono essere trasformati in energia, attraverso l'inceneritore o la combustione di gas emessi dalla composizione dei rifiuti in discarica.

Smaltire significa depositare i rifiuti in discarica e utilizzare l'inceneritore senza il recupero dell'energia.

La gestione e lo smaltimento dei rifiuti pericolosi, ad esempio, segue delle regole bene precise in quanto la loro dispersione e lo scorretto smaltimento causa dei danni irreversibili. Per questo l'articolo 193, comma 4 del Decreto legislativo del 3 dicembre 2010 n°205, stabilisce che *“durante la raccolta e il trasporto i rifiuti pericolosi devono essere imballati ed etichettati in conformità alle norme vigenti in materia di imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose”*⁸. Lo scopo è quello di ridurre la pericolosità del prodotto durante la sua dismissione, separandolo dai suoi componenti principali, riducendo la quantità di rifiuti da smaltire in discarica se possibile e trasformare il rifiuto in un materiale che può essere utile per altri cicli produttivi.

Anche se non sono considerati rifiuti pericolosi ma speciali, i rifiuti che derivano da demolizione e scavo rivestono un grave problema in quanto occupano troppo volume, la quantità in discarica è troppo elevata e sono circa il 40% dei rifiuti speciali prodotti nel nostro Paese, valore stabilito dall'ANPAR (Associazione Nazionale Produttori

8 Articolo 193, comma 4 del Decreto Legislativo 205/2010.

Aggregati Riciclati). Per questo tipo di rifiuti gli scenari possibili sono la discarica, la termovalorizzazione per l'eliminazione di inquinanti e il centro di trattamento e recupero. Da quest'ultimo è possibile ottenere un riciclato di qualità e un recupero di materia, un'alternativa preferibile rispetto alla dismissione in discarica. Il D.lgs 152/2006 – Codice Ambiente fornisce delle linee guida a riguardo e, inoltre, definisce il concetto di materia prima secondaria⁹ (MPS) definendola come *“materia che deriva dal completamento delle operazioni di recupero a cui sono sottoposti i rifiuti”*¹⁰. Ma il problema può essere ridotto a partire dalla progettazione, ponendo più attenzione sulla scelta dei materiali, sulle tecnologie da utilizzare, sul cantiere soprattutto per svolgere una demolizione selettiva con annessa raccolta differenziata e trovare una destinazione alternativa agli inerti prodotti come, ad esempio, il riutilizzo come sottofondo stradale.

I rifiuti in MFU

Considerare i caratteri generali è utile per comprendere meglio l'approfondimento sul prodotto che è alla base della ricerca svolta in questa tesi. Il prodotto in questione è il materasso, in particolar modo il materasso fuori uso e gli sfridi di rivestimento del materasso prodotti durante la fase di taglio del processo produttivo. Il materasso e gli sfridi sono dei rifiuti prodotti dall'industria tessile destinati ad essere

9 *“[...] sostanza o materia avente le caratteristiche stabilite ai sensi dell'articolo 181”*. Definizione tratta dal Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 art. 183

10 Roberto Giordano, *I prodotti per l'edilizia sostenibile. La compatibilità ambientale dei materiali nel processo edilizio*, Napoli, Esselibri Spa, 2010, p. 216.

smaltiti in discarica.

Il materasso è considerato un rifiuto urbano ma ingombrante così come:

- elettrodomestici (frigoriferi, lavatrici)
- mobili, materassi e reti, quadri, specchi
- sanitari
- ceramiche, stucchi e tappezzerie
- rifiuti inerti derivanti da piccole manutenzioni domestiche (macerie)
- manufatti in ferro e legno (grate, balaustre, termosifoni, porte...)
- sfalci e potature
- giocattoli voluminosi
- apparecchi elettronici (TV, PC, fax, stereo, cellulari)
- bombole del gas vuote, cocci, pneumatici e cerchioni, strumenti musicali, sci...

Come tale, una volta considerato inadeguato al normale utilizzo e diventa rifiuto, con il relativo codice CER¹¹. Il numero a 6 cifre, di cui abbiamo parlato nel paragrafo precedente, considera la categoria a cui appartiene e non al caso specifico. Questo significa che non c'è nessuna relazione con il processo produttivo subito. Allo stesso modo succede per gli sfridi di ritaglio, il cui codice fa riferimento

11 Codice CER rifiuti urbani ingombranti 200307, rifiuto tessile 200111.

alla categoria “fibre tessili lavorate” in cui questi rientrano. Questo preannuncia le problematiche riferite all'impossibilità di trovare delle alternative all'utilizzo dell'inceneritore.

1.1.2 La gestione dei rifiuti urbani ingombranti a Torino

In molte città italiane è possibile far riferimento ad un piano per semplificare la dismissione dei rifiuti urbani ingombranti, soprattutto quelli ad uso casalingo, per evitare che vengano abbandonati sul suolo urbano. Il materasso fuori uso rientra nella categoria dei rifiuti urbani ma ingombranti e come tale non possono essere cestinati nei comuni contenitori di raccolta differenziata o indifferenziata.

Servizio di raccolta per i MFU

Per capire come questo rifiuto viene gestito nella città di Torino, è stata utile far riferimento all'AMIAT, azienda per la raccolta rifiuti torinese, la quale fornisce un servizio gratuito per il ritiro di questi solo per i residenti. Sono possibili due metodi di raccolta e prelievo del materasso e del rifiuto ingombrante in generale. I cittadini possono liberamente lasciarli nel centro raccolta più vicino o possono essere ritirati direttamente dalla propria abitazione solo dopo aver preso appuntamento con l'azienda per telefono o compilando il forum sul sito dell'Amiat. La gestione della raccolta dei materassi fuori uso viene



Ecocentro Amiat in via Zini, Torino.

Fonte: <http://www.amiat.it/>

L'azienda si impegna a ritirare il rifiuto e a portarlo nel centro di raccolta in cui sosterrà per un tempo stimato di circa due o tre giorni. Trascorso questo tempo, i materassi fuori uso verranno trasferiti nel Centro di Recupero delle Materia in cui avviene il processo di separazione manuale e meccanica dei componenti del materasso. L'Amiat raccoglie più di 40.000 materassi l'anno tra quelli ritirati dai privati, quelli raccolti nei centri e quelli recuperati sul suolo urbano perché abbandonati¹².

Nei centri di recupero materia viene solo recuperata la componente ferrosa del materasso costituita dalle diverse tipologie di molle. Gli altri elementi che costituiscono il materasso, vengono trasferiti nel

¹² Per approfondimento: <http://www.amiat.it/cms/servizi/52-raccolta-e-smaltimento-rifiuti/raccolta-rifiuti-ingombranti>

Centro di Termovalorizzazione di Torino.



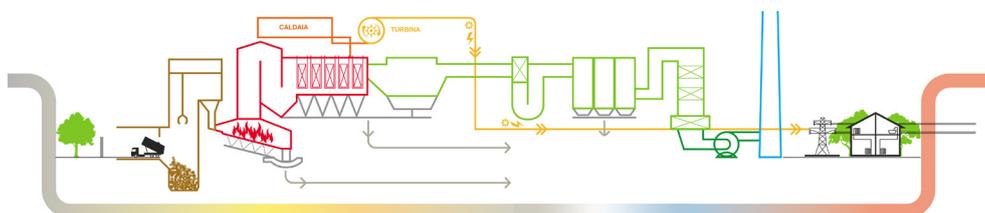
Centro di Termovalorizzazione Amiat, Torino.

Fonte: <http://trm.to.it/>

Il termovalorizzatore è un impianto che opera per recupero dell'energia che è contenuta all'interno dei rifiuti. Questa energia viene emessa dal rifiuto quando viene bruciato alla temperatura di 1000 °C. Questo tipo di impianto può fornire sia energia elettrica che termica. Secondo l'Amiat, grazie al loro impianto di termovalorizzazione è possibile risparmiare circa 70.000 anno di combustibile fossile per la produzione di energia elettrica e termica.

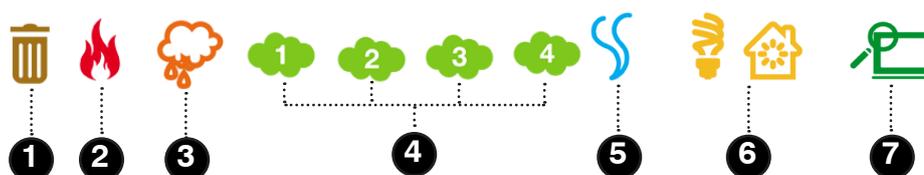
L'Amiat tiene anche all'impatto ambientale infatti, sono attenti al contenimento delle emissioni di sostanze inquinanti nell'aria nel rispetto dei valori minimi ammissibili¹³.

13 Per approfondimento: <http://trm.to.it/monitoraggio-ambientale/>



Schema del processo di Termovalorizzazione Amiat, Torino.

Fonte: <http://trm.to.it/>



1. CONTROLLO E CONFERIMENTO

2. CARICAMENTO E COMBUSTIONE

3. PRODUZIONE DI VAPORE ACQUEO

4. TRATTAMENTO DEI FUMI

4.1 ELETTRIFILTRO

4.2 REATTORE A SECCO

4.3 FILTRO A MINICHE

4.4 REATTORE CATALITICO

5. ESPULSIONE DEI FUMI

6. RECUPERO ENERGETICO

7. SISTEMA DI MONITORAGGIO DELLE EMISSIONI

L'immagine sopra riportata, indica il processo con cui avviene la termovalorizzazione dei rifiuti. È uno schema rielaborato in cui vengono evidenziati i passaggi fondamentali dell'intero processo. Gli autocarri carichi di rifiuti vengono controllati, registrati e solo dopo

aver effettuato questi passaggi possono scaricare il materiale di rifiuto all'interno della fossa. Le macchine prelevano il materiale dalla fossa per poi trasferirlo all'interno dei forni che mantengono la temperatura costante a 1000 °C. I fumi della combustione salgono verso l'alto per introdursi all'interno delle tubazioni della caldaia nelle quali circola acqua che viene riscaldata dai fumi, trasformandosi così in vapore. La pressione del vapore acqueo aziona una turbina che genera corrente elettrica di cui una parte viene usata per il riscaldamento nelle case. Prima che i fumi vengano emessi in ambiente, subiscono un processo di depurazione che si divide in quattro fasi. Prima di essere immessi in atmosfera, i fumi vengono controllati in modo da rispettare i limiti a cui dover far riferimento. Poi, verranno espulsi forzatamente dalle canne fumarie a 120°C.

1.1.3 Il riciclaggio dei materassi a fine vita: l'esempio Comet recycling s.r.l.

In Italia non sono presenti centri specializzati nel riciclaggio di materassi per questo motivo si è cercato di comprendere in che modo i centri per la gestione dei rifiuti e le isole ecologiche affrontano la dismissione dei materassi fuori uso.

Un caso studio che ha fornito informazioni fondamentali per lo sviluppo di questa ricerca è la Comet recycling s.r.l..

La sede operativa risiede a Stella, in provincia di Savona, dal 2005. È nata per scopi personali per poi diventare un'isola ecologica per i residenti del comune di cui è ospite. Il loro lavoro inizia quando le isole ecologiche scaricano i rifiuti che arrivano dai loro stabilimenti. La Comet recycling s.r.l. ritira questi rifiuti e li seleziona, dividendoli per tipologia e secondo codici CER. Grazie alla visita dello stabilimento è stato possibile osservare come viene svolto e organizzano il loro lavoro e il loro spazio a disposizione.



Foto di Gabriella Fuzio

L'area di deposito è completamente all'aperto, le montagne di rifiuti non sono coperte in alcun modo per ripararli da animali e condizioni climatiche avverse. I materassi depositati sono quelli che più richiedono dei teli di copertura o comunque un luogo asciutto poichè sono costituiti da tessuti e spugne che, in presenza di acqua, favoriscono la formazione di muffe e insetti. Inoltre anche il molleggio presente in alcuni materassi, a contatto con acqua, potrebbe arruginirsi e non essere più idoneo al recupero.

Il materasso fuori uso può essere gestito da questo centro di recupero in diversi modi a seconda del tipo di utenza. Possono essere aziende, isole ecologiche o privati che arrivano liberamente in azienda per disfarsene o può essere ritirato dagli operatori.

Mensilmente arrivano nell'impianto 40 ton/mese di materassi, si tratta di una quantità forfettaria stimata dall'impresa. Non è stato possibile reperire dei dati certificati solo sui materassi perché non esiste un codice CER identificativo per questo tipo di rifiuto per questo l'azienda può fornire dati riferiti solo ai rifiuti ingombranti raccolti. Attualmente l'azienda svolge la stessa metodologia dell'Amiat e anche di centri simili. Separano manualmente tutti i componenti del materasso differenziandoli. Anche per loro, l'interesse primario è il recupero del molleggio poichè può essere rivenduto e riciclato. Non sono però ancora a conoscenza di un metodo per il reimpiego degli altri materiali che costituiscono il materasso.



Foto di un materasso in lana.
Comet recycling s.r.l.

Ad esempio, i materassi in lana risultano essere più semplici da scomporre ed è costituito da pochi materiali. La lana, per essere riutilizzata, deve essere sottoposta a processi di lavaggio e sterilizzazione.



Foto di una rete di molle semplici dopo il disassemblaggio.
Comet recycling s.r.l.

Per il materasso a molle insacchettate, l'ostacolo da superare è la scomposizione delle molle dall'involucro che le contiene. La soluzione è data da un macchinario che separa l'involucro di plastica dall'oggetto metallico.

Gli unici materiali che non trovano una destinazione di recupero sono la

gomma piuma e il lattice che, insieme al rivestimento e all'imbottitura, vengono trasferiti nei centri per la termovalorizzazione.



LATTICE



GOMMAPIUMA



RIVESTIMENTO IN COTONE MISTO SINTETICO

Foto di Comet recycling s.r.l.

È importante citare la Comet recycling s.r.l. in questa ricerca per le informazioni fornite riguardo a dei possibili aggiornamenti sul piano normativo. Insieme ad altre aziende, la Comet recycling s.r.l. sta cercando di far emergere il problema della gestione dei materassi fuori uso al Consorzio del materasso e al Ministero dell'Ambiente della Tutela del Territorio e del Mare.

Nel dicembre del 2017, il Ministero dell'Ambiente della Tutela del Territorio e del Mare ha convocato in sede i responsabili di alcune aziende produttrici di materassi e di gestione del materasso fuori uso.

Questo incontro è avvenuto grazie ad una richiesta scritta dagli stessi responsabili che sentivano la necessità di informare il Ministero, dei problemi di gestione dei loro centri. È stato indetto l'incontro per informare gli aderenti dell'elaborazione un primo "*Schema di decreto recante l'introduzione della responsabilità estesa del produttore di materassi*" riferito all'articolo 178-bis, comma 1 del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

Il documento in questione mette in luce le problematiche relative alla produzione del materasso. Negli articoli dello schema di decreto vengono fornite delle direttive per i produttori e i gestori dell'industria del materasso a ridimensionare la produzione e la corretta dismissione del rifiuto nel rispetto degli standard sostenibili. Il documento è suddiviso in una parte introduttiva in cui vengono espresse delle considerazioni generali sul problema in questione, per poi focalizzarsi su aspetti economici, gestionali e penali.

Il documento però è carente su alcuni aspetti, infatti non vengono espresse delle linee guida specifiche sulle modalità di riciclaggio del materasso fuori uso e dei singoli componenti. Questo però, potrebbe essere un punto di partenza per i ricercatori poichè non sono ancora stati formulati vincoli normativi a riguardo, se non quello di poter dare una nuova vita al rifiuto nel pieno rispetto dell'ambiente.

Il responsabile della Comet recycling s.r.l., il sign. Scocca Massimo, dopo l'incontro a Roma, spiega che lo schema di decreto è debole su alcuni punti. Si vuole sottolineare che i produttori di divani e poltrone realizzano prodotti ancora più difficili da disassemblare e riciclare a

causa della loro particolare manifattura ma vengono ancora esclusi dal piano di recupero.

Il responsabile del centro, durante una visita in sede, ci ha informato sulla situazione in cui sono costretti a lavorare. I loro depositi iniziano ad essere sovraccarichi perchè hanno deciso di non continuare con il loro tradizionale piano d'azione e di rimanere in attesa di nuove direttive. Purtroppo dal Ministero o dal Consorzio non ci sono risvolti positivi e nonostante sia passato un'anno dall'incontro con il Ministero, il decreto è ancora in formato provvisorio.

1.2 I rifiuti in fase di pre consumo

1.2.1 Il processo produttivo del materasso: il caso studio Flexilan 2000 s.r.l.

Per comprendere la filiera produttiva del materasso, quali sono i materiali impiegati, quali sono i rifiuti e come vengono gestiti in un ambiente industriale, è stato fondamentale ripartire dal caso studio Flexilan 2000 s.r.l.. È un'azienda nata come laboratorio nel 1952 a Robassomero, in provincia di Torino, ed è cresciuta fino ad essere considerata oggi un punto di riferimento nel mercato italiano e internazionale. L'amministratore delegato Paolo Raccagni, durante un incontro, ha descritto la sua azienda come un'impresa che lavora con un personale specializzato ogni giorno, svolgono una continua ricerca sui prodotti e del loro impegno nell'utilizzare materie prime certificate e nel pieno rispetto delle norme e per quanto possibile anche dell'ambiente.

In seguito alle domande che gli sono state poste, è stato possibile definire il profilo dell'azienda e ricostruire i dati propriamente tecnici rispetto alla produzione e allo smaltimento dei rifiuti da loro prodotti giornalmente, raccolti nell'allegato A. Il documento elaborato considera voci che fanno riferimento all'inquadramento dell'azienda, le proprie caratteristiche, la produzione annuale e i relativi sottoprodotti. Nonostante sia un'azienda di soli 20 dipendenti, produce circa 40.000 materassi l'anno e quasi 16.000 m³ l'anno di sfridi di pannello tessile

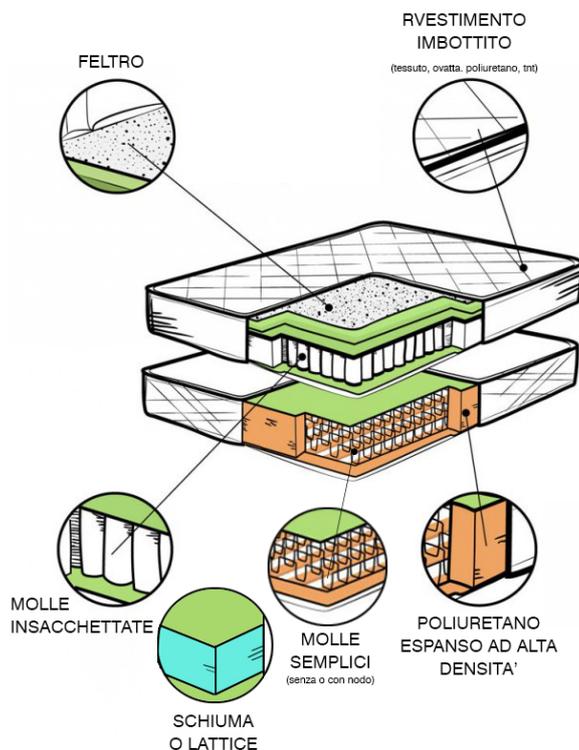
trapuntato. Quest'ultimi sono di circa 5 ton/mese per un totale di 60 ton/anno corrispondenti al 6% del totale dei prodotti. Tali scarti vengono stoccati e il ritiro per il trasporto in discarica viene effettuato circa due volte al mese a seconda della produzione mensile. Gli sfridi che non contengono poliuretano subiscono un processo differente in quanto è possibile riciclarli, infatti vengono ritirati dai chi si occupa del riciclo di fibre tessili per essere riprocessati. Altri elementi come bobine o pallet vengono ritirati dalle aziende produttrici che realizzano dei prodotti rigenerati. La dismissione in discarica degli sfridi con poliuretano ha un ingente costo di circa 20.000 euro l'anno, per questo motivo l'azienda è interessata a riutilizzare questi sfridi o a cederli a terzi per produrre un nuovo prodotto finalizzato alla vendita.

La produzione dell'azienda Flexilan 2000 s.r.l. è notevole infatti realizza materassi per tre marchi differenti e si occupa solo della produzione e non della vendita. Si registrano circa 260 modelli di materasso, 36 tipi di misure, 50 modelli diversi per tipologie e oltre 100 tipi di disegni di trapuntatura. Utilizzano materie prime diverse ad esempio, tra i tessuti più richiesti sono il poliestere (70%), la viscosa, la lana, il cotone. In generale, vengono impiegati circa 56 tipologie di tessuti, 10 tipi di ovatte e 3 di imbottitura.

Il processo produttivo

Grazie alla disponibilità degli operatori e del dirigente aziendale è stato possibile osservare le fasi di realizzazione di un materasso ai fini di comprendere meglio le metodologie, i materiali e i sistemi di assemblaggio.

La presa visione di tutti gli step utili per la costruzione di un materasso ha permesso una miglior comprensione delle tempistiche, della mano d'opera specializzata e delle attrezzature necessarie. Poichè le tipologie che l'azienda produce sono numerose, è stato possibile osservare il processo produttivo di un materasso in *memory* standard nonché il modello più richiesto dai clienti perchè soddisfa requisiti economici e di comfort.



Rielaborazione personale della manifattura di un materasso.
Fonte Sleep Help Institute

L'immagine rappresenta in maniera concettuale come si presenta un materasso comune. Lo spaccato assonometrico mostra l'interno del prodotto focalizzandosi su elementi che lo costituiscono. Da questa rappresentazione si può affermare che i materassi prodotti vengono classificati in relazione al tipo di materiale che costituisce l'anima del materasso. Generalmente se ne individuano tre tipologie:

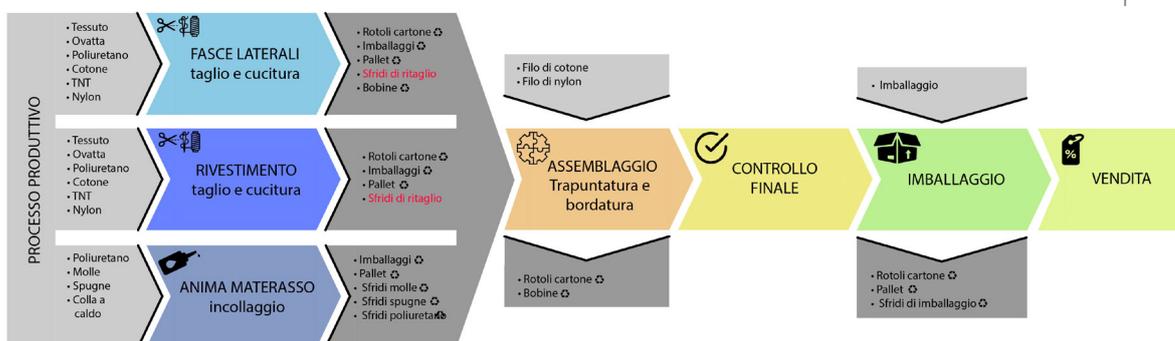
- lana
- schiuma
- molle

La lana è ormai un materiale superato poichè non garantisce alte performance ma soprattutto non è un materiale ipoallergenico. Per questo si preferisce attualmente materassi con molleggio o, ancora di più, in schiume o lattice.

La Flexilan 2000 produce 5 linee di materasso:

- molle semplici con nodo;
- molle semplici senza nodo;
- molle insacchettate singolarmente;
- tecnici;
- lattice.

In seguito a quanto osservato durante la visita in azienda, è stato fondamentale ricostruire le fasi del processo di produzione di un materasso per comprendere quali sono gli scarti prodotti giornalmente, in quale fase vengono prodotti in quantità maggiore e quali conseguenze producono.



Elaborazione personale della processo produttivo di un materasso.

L'immagine mira a semplificare le fasi del processo produttivo del materasso seguito nell'azienda Flexilan 2000. Le parti in grigio chiaro indicano gli elementi di *input* che sono fondamentali per il completamento delle fasi di lavorazione che nello schema sono evidenziate da colori. Mentre le parti in grigio scuro rappresentano gli elementi di *output* che il sistema produce.

La produzione in generale segue processi di:

- cucitura;
- taglio;
- incollaggio.

Sono presenti tre settori (in blu) che lavorano in maniera autonoma e simultanea per la realizzazione di fasce laterali, rivestimento e anima del materasso. I settori che realizzano le fasce laterali e il rivestimento, utilizzano le stesse materie prime (tessuto, ovatta, poliuretano, cotone, TNT, nylon) e macchine principalmente finalizzate al taglio e alla cucitura industriale.

Il ciclo di vita del materasso

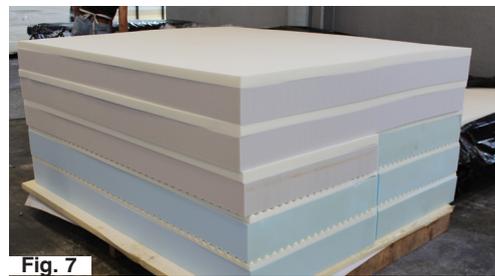


Fig.1 Introduzione del materiale all'interno della macchina per il taglio.

Fig.2 Macchina per la trapuntatura del rivestimento del materasso.

Fig.3 Cucitura dei laterali del materasso.

Fig.4 Raccolta sfridi del rivestimento.

Fig.5 Laterali del materasso trapuntati.

Fig.6 Incollaggio anima del materasso in schiuma con laterali in poliuretano espanso.

Fig.7 Anima del materasso in schiuma.

Fig.8 Molle insacchettate.

Fig.9 Feltro.

Nel reparto riservato all'incollaggio dell'anima del materasso vengono utilizzate materie prime come molle metalliche, di tipologie diverse (con nodo, senza nodo, insacchettate), multistrato di spugne e poliuretano a diversa densità, incollate grazie all'utilizzo di una macchina che spruzza colla a caldo per l'incollaggio dei vari strati. La colla a caldo sostituisce oggi la colla ad acqua utilizzata negli anni precedenti. Questa scelta è stata presa per salvaguardare la salute dei lavoratori poichè la colla ad acqua, ad elevate temperature, emette fumi tossici. Il poliuretano ad alta densità viene usato principalmente per proteggere l'anima in materasso in molle garantendo così più comfort nella seduta e per irrobustire i fianchi del materasso in schiuma o in lattice.

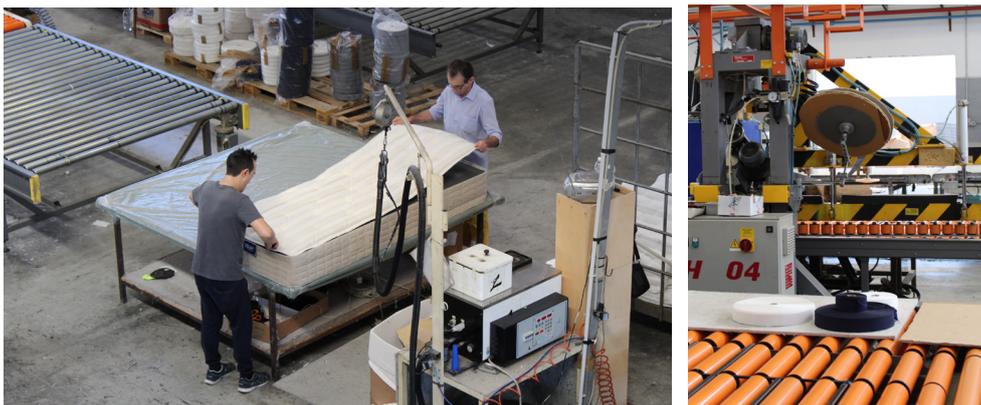


Fig.10 Assemblaggio dei semilavorati.

Fig.11 Macchina per la bordatura.

Quando i tre settori concludono la lavorazione, i semilavorati

vengono trasferiti nel quarto reparto per essere assemblati e incollati. Quest'ultima fase di incollaggio è fondamentale per permettere a tutti gli strati del materasso di non scivolare tra di loro e rimanere uniti durante il suo utilizzo. Successivamente, il semilavorato viene posizionato in una macchina da cucire per la bordatura cioè quel tipo di cucitura a contorno necessaria per unire le fasce laterali con le due facce del materasso. Grazie a questa macchina si ottimizzano le tempistiche di cucitura. L'addetto ha il compito ruotare il materasso e controllare che la macchina svolga correttamente il lavoro.



Fig.12 Check e imballaggio del materasso a molle.

Fig.13 Imballaggio del materasso in memory.



Alla fine di questa fase si ha un prodotto finito, pronto per essere controllato dagli operatori per poi essere trasferito nella zona riservata all'imballaggio.

Una volta insacchettato con le etichette, i relativi certificati e garanzie, il materasso viene poi trasportato nei diversi centri addetti alla vendita.

1.2.2 Rifiuti prodotti dall'azienda

Durante tutto il processo di produzione vengono utilizzati numerose materie prime e prodotti grandi quantità di rifiuti diversi tra cui scarti di lavorazione, materiale non idoneo alla lavorazione a causa di difetti di produzione, imballaggi. L'azienda, attualmente, riesce a gestire in maniera discreta il problema dello smaltimento dei rifiuti che vengono prodotti giornalmente. Lo spazio esterno dello stabile in cui avviene la produzione del materasso dell'azienda Flexilan 2000 s.r.l. è stato organizzato in modo da dividere le zone riservate al deposito dei rifiuti da dismettere in discarica da quelle riservate al deposito di materiali di cui fanno la raccolta differenziata così da facilitare il lavoro delle aziende che ritirano il prodotto per riciclarlo.

I materiali che possono essere riciclati sono bobine, rotoli di cartone, pallet, imballaggi di plastica e soprattutto sfridi di ogni genere (molle, spugne e poliuretano).



Fig. 14



Fig. 15



Fig. 16



Fig. 17

Fig. 14 Raccolta di sfridi di ritaglio del rivestimento del materasso.

Fig. 15 Raccolta di bobine di cartone per essere ritirate dall'azienda produttrice.

Fig. 16 Deposito sfridi di molle di diversa tipologia.

Fig. 17 Deposito anima in schiuma del materasso.

Come è segnato nell'allegato A, i rifiuti prodotti rimangono nel loro deposito per un tempo stimato di circa un mese e mezzo. I tempi di deposito dipendono in particolar modo dal quantitativo di produzione mensile di materassi richiesta. Influisce anche il costo del ritiro dei rifiuti e il trasporto in discarica il quale è calcolato da una tassa fissa riferita alla chiamata dell'operatore e una percentuale variabile in funzione del peso del carico.

Il problema che risulta ancora difficile da risolvere sono gli sfridi di ritaglio del rivestimento del materasso di cui sappiamo essere di due tipi: multistrato senza poliuretano, multistrato con poliuretano.

**MULTISTRATO SENZA POLIURETANO****MULTISTRATO CON POLIURETANO**

Il multistrato senza poliuretano è composto da tessuto, ovatta, TNT. Di questo scarto l'azienda produttrice riesce a cedere tutto il quantitativo ad un'impresa specializzata nel riciclo di materiali tessili. Invece, la seconda tipologia, il multistrato con poliuretano, composto da tessuto, ovatta, poliuretano e TNT, a causa della forte e fitta trapuntatura, non è possibile eseguire un corretto disassemblaggio e una differenziazione dei materiali per un corretto smaltimento del rifiuto. Le aziende in grado di riciclare i diversi elementi presi però singolarmente, non sono interessate a ritirare questo tipo di scarto poiché richiede troppo lavoro, manodopera e risorse economiche. L'azienda che produce questo tipo di rifiuto si trova a dover gestire quantità significative che non possono essere riciclate a causa della tipologia di materiali e dal sistema che li tiene assemblati. L'azienda è costretta a smaltire i rifiuti pre consumo in discarica. Gli operatori ecologici hanno il dovere di ritirare lo scarto, di trasportarlo nel centro e poi nell'inceneritore. Tutto il processo causa danni irreversibili all'ambiente soprattutto per gli inquinanti che vengono emessi dal

trasporto e dalla combustione nell'inceneritore.



Deposito sfridi di materasso nell'azienda Flexilan 2000s.r.l.. Foto di Gabriella Fuzio.

Sebbene i nuovi modelli di materasso soddisfano i requisiti di comfort e salute, il vecchio materasso in lana ha un pregio molto importante che consiste nell'essere facilmente scomponibile. La loro produzione è ormai nulla perché non sono idonei per i nuovi parametri perché pesanti, non versatili ai cambiamenti stagionali, non è anallergico perciò richiede un lavaggio assiduo che risulta complicato da eseguire. Al momento, è un prodotto di cui il consumatore vuole disfarsene per passare ad un nuovo materasso, più leggero, traspirante ed ergonomico. Attualmente le aziende produttrici di materassi si ritrovano a dover offrire un servizio di ritiro del vecchio prodotto e a prendere in carico la sua dismissione. L'anima era composta da sola lana di pecora rivestita di tessuto di composizione diversa.

L'assemblaggio avviene introducendo la lana in un involucro di tessuto. Per migliorare la struttura e mantenere i due materiali uniti fra di loro, viene eseguita una trapuntatura puntiforme con fili di nylon che forano da parte a parte il materasso in più punti. Questi fili possono essere facilmente eliminati, togliendo l'estremità che funziona da fermo e con un corretto procedimento, è possibile recuperare i vari componenti. L'interesse dell'azienda produttrice è proprio abbattere i costi relativi alla dismissione del sottoprodotto, di non avere più in stallo delle balle che occupano troppo spazio che potrebbe essere utilizzato per altri fini, più utili alla produzione.

ALLEGATO A_PROFIL0 DELL'AZIENDA

1.DATI AZIENDA

1.a Ragione sociale: FLEXILAN 2000 s.r.l.

1.b Indirizzo: via C. Colombo n°3, Robassomero (TO)

1.c Settore riferimento e codice ATECO: 3103

2. REFERENTE

2.a Nome e Cognome referente: Paolo Raccagni

3. CARATTERISTICHE AZIENDA

3.a Dimensioni azienda: media (circa 20 dipendenti)

4. OUTPUT PRODUTTIVO AZIENDALE

4.a Volume o quantitativo prodotto: 40.000 materassi/anno

4.b Tipo di layout produttivo: per reparti

4.c Tempi di produzione (da prima lavorazione a fine ciclo): 50 min
per pezzo

4.d Tipologia di produzione: A.T.O. (Assembly to order – Assembla
sulla base dell'ordine)

4.e Obsolescenza del prodotto: Lenta (più di 3 anni)

4.f Giacenza in magazzino (tempistiche): 2 mesi

4.g Layout produttivi e i suoi macchinari: macchine da cucire,
taglierine, strumenti per l'incollaggio e imballaggio.

5. SOTTOPRODOTTI DELL'AZIENDA

5.a Tipologia di scarto: Sfridi di pannello tessile trapuntato

5.b Materie prime: Tessuti (di diverse tipologie), ovatta e poliuretano espanso

5.c Materiale già predisposto per operazioni di riciclaggio: parzialmente

5.d Il materiale scartato presenta la medesima pezzatura: No

5.e Dimensione dei pezzi (se dimensioni variabili prendere in considerazione la media): Media (tra 1 e 100 cm)

5.f Volume/anno: 16.000 m³/ anno

5.g Frequenza di produzione: giornaliera

5.h Tipo e filiera di smaltimento o riprocessamento interno: Discarica o riassortimento presso i fornitori

5.i Costo o ricavo di smaltimento o riprocessamento: costo 180 euro/tonnellata + 150 euro a chiamata (20.000 euro all'anno)

5.l Informazioni tossicologiche ed ecologiche sottoprodotto - rifiuto speciale non pericoloso (possibilità reimpiego senza bonifica): rifiuto assimilabile all'urbano.



Foto di *Le Républicain Marmande et Langon*

Fonte: https://actu.fr/nouvelle-aquitaine/langon_33227/une-deuxieme-vie-pour-nos-matelas_13744077.html

Dopo aver compreso come si presenta attualmente il problema della gestione dei materassi fuori uso e degli sfridi di ritaglio prodotti dall'azienda, si è avviata una ricerca per acquisire informazioni sulle possibili soluzioni da poter adottare. Alcuni scenari di riuso del materasso in forme diverse come opere d'arte contemporanee, forniscono un'alternativa al grigio destino dello smaltimento in discarica. Questi scenari permettono di risolvere l'immediata difficoltà di gestire l'elevata quantità di rifiuti in discarica trascurando però il vero problema che riguarda il processo produttivo del materasso. Partire dal principio significa fare un passo indietro, riconsiderare tutti i passaggi e individuare quali sono i possibili punti deboli su cui intervenire per realizzare un prodotto che non venga mai considerato un rifiuto così da poter essere riciclato all'infinito.

L'Italia è ancora una volta un passo indietro in questo campo rispetto ad altri Paesi. La situazione è segnata dall'assenza di direttive specifiche, dall'assenza di brevetti, ricerche scientifiche e finanziamenti che possano incentivare i ricercatori a trovare delle alternative e nuove soluzioni.

Alcuni Paesi, già da anni ormai, hanno cambiato radicalmente modo di agire, adottando appieno la teoria della *circular economy*, del riciclo e del riuso dei materiali. Molti di questi agiscono direttamente sulle fasi di produzioni, apportando modifiche radicali sulle ordinarie tecniche adottate così da rendere il prodotto più versatile e vicino alla natura.

2.1 Il concetto di *Circular Economy*

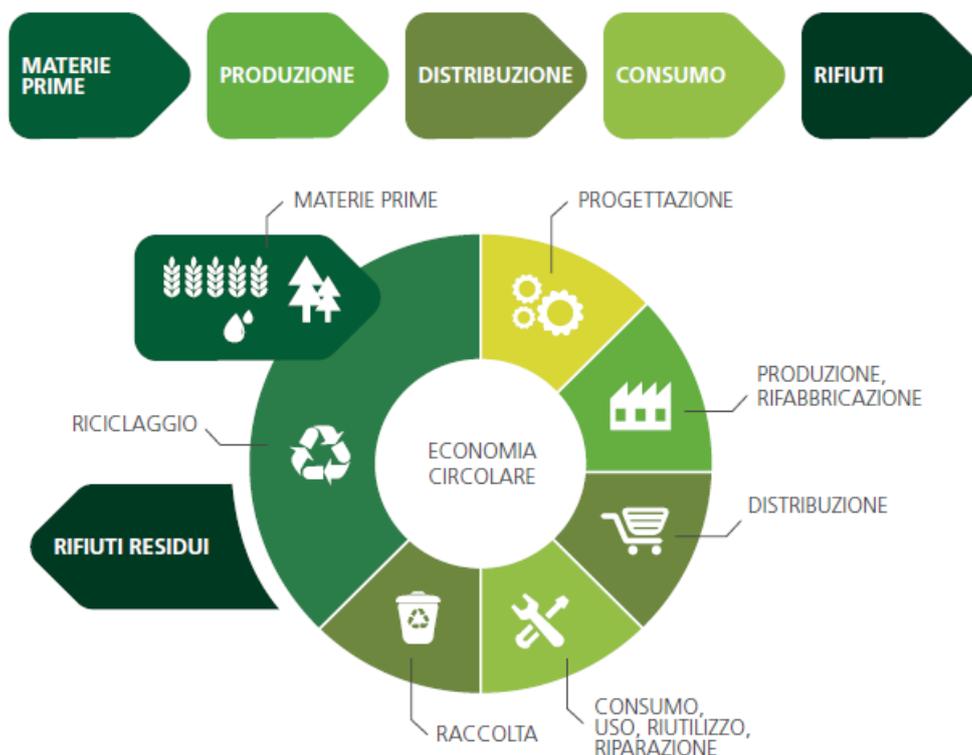
L'economia circolare è nata da un pensiero comune di persone che sentivano la necessità di dare un contributo al problema dei rifiuti.

La fondazione Ellen MacArthur¹⁴ è stata la prima negli anni '70-'80 a finanziare le prime organizzazioni senza scopo di lucro. I suoi maggiori investimenti annui sono affidati al programma per l'“Economia Circolare”.

Da quel momento si sono sviluppate correnti di pensiero che non consideravano più la vita di un oggetto segnata da un inizio ed una fine. Quindi possiamo affermare che il concetto *cradle-to-grave* (dalla culla alla tomba) sia ormai superato e che lascia spazio a una nuova visione della vita di un prodotto, considerata non a senso unico ma come un ciclo che si rigenera costantemente, per questo motivo prende il nome di *cradle-to-cradle*¹⁵ (dalla culla alla culla).

14 Per approfondimento: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept>

15 C2C è un approccio diverso di progettare che consiste nell'avvicinare il sistema industriale alla natura. Per approfondimento Michael Braungart, William McDonough, *Cradle to Cradle, Re-making the way wemake things*, London, Vintage Books, 2009.



Fonte: L'Italia del riciclo - Fondazione Sviluppo Sostenibile, p. 22
 Per approfondimento: https://www.fondazionevilupposostenibile.org/wp-content/uploads/dlm_uploads/2016/12/rapporto_Italia_del_Riciclo_2016.pdf

L'obiettivo generale è quello di riconsiderare il ciclo di vita di un prodotto, intervenendo sui materiali e sulle tecniche di costruzione per renderlo più duraturo.

Anche il settore industriale cerca di ridimensionarsi per offrire prodotti e metodologie aderenti alla *Circular Economy*. Si parla di industria ecologica¹⁶, chiamata così perché non produce rifiuti ma li riutilizza come fonte preziosa per la realizzazione del piano industriale sostenibile e nel rispetto dell'ambiente.

¹⁶ Per approfondimento: <https://www.economyup.it/innovazione/che-cos-e-la-circular-economy-e-perche-puo-mantenere-l-europa-competitiva/>

Investire sulle fonti naturali è alla base del Capitalismo naturale che verte in particolar modo verso l'incremento della produttività delle fonti naturali come terra, aria, acqua e cose viventi. Priorità imprescindibile è la natura che può essere fonte di ispirazione per la produzione di materiali e prodotti.

Insieme a questi è stato stabilito un nuovo modello di business sostenibile che prende il nome di *Blue Economy*¹⁷. Questa si basa sulla trasformazione di una materia che prima era considerata solo scarto che, a differenza della *Green Economy*, non cerca solo di ridurre al minimo le emissioni di CO₂ ma di azzerarle totalmente. Inoltre, la *Blue economy* si basa sul nuovo concetto di biomimesi nato dal fatto che quello che l'uomo sta danneggiando è proprio il Pianeta. Per questo motivo si è pensato che fosse fondamentale partire dalla natura, perché solo studiandola attentamente è possibile verificare la vera sostenibilità delle nuove azioni.

Il design rigenerativo è il punto che chiude questo cerchio di nuove idee sostenibili che fanno parte del nuovo modo di vedere l'economia. Con questo termine si vuole indicare un nuovo modo di progettare strategico che tiene conto delle risorse naturali e di energia disponibili.

¹⁷ Per approfondimento Gunter Pauli, *Blue economy 2.0. 200 progetti implementati, 4 miliardi di dollari investiti, 3 milioni di nuovi posti di lavoro creati*, Milano, Edizioni Ambiente, 2015.

2.2 3R Action plan

I primi grandi traguardi per il campo dello sviluppo sostenibile è sicuramente stato il Rapporto Brundtland¹⁸ del 1987 perché è stato il primo momento della storia in cui le Nazioni si sono unite in un'assemblea per discutere della situazione mondiale ambientale e dello sviluppo. Dopo aver stabilito lo stato attuale si è deciso di fornire un nuovo modello su cui basarsi per uno sviluppo più rivolto alla sostenibilità. Per la prima volta si definisce il concetto di sviluppo sostenibile: *“lo s.s. soddisfa le esigenze delle attuali generazioni senza compromettere la possibilità di quelle future di soddisfare i propri bisogni”*¹⁹.

La definizione non fa riferimento alla sostenibilità ambientale ma viene messo in evidenza l'importanza del benessere delle persone che vivono il pianeta. Emerge da queste righe che le generazioni di oggi devono essere guidate da un principio morale così da preservare le risorse per le generazioni di domani. Il rapporto ha trasformato le relazioni economiche tra gli Stati i quali hanno dovuto attuare un cambio di strategia dato che la loro economia era basata sull'utilizzo di fonti non rinnovabili ed esauribili oltre che inquinanti.

Un nuovo modello di sviluppo viene delineato solo nel maggio del

18 Rapporto Brundtland conosciuto anche come *Our Common Future* – rilasciato nel 1987 dalla Commissione Mondiale sull'Ambiente e sullo Sviluppo (WCED).

19 Definizione di Sviluppo Sostenibile, Rapporto Brundtland, 1987.

2008, il cui fine ultimo è sempre quello di salvaguardare i beni delle future generazioni. Il G8 si riunisce a Kobe per elaborare un nuovo documento che sta cambiando radicalmente il modo di vedere un comune rifiuto. Il documento in questione, chiamato *3R Action Plan*, nasce per placare un'emergenza ambientale dettata da una crescita globale costante che porta con sé un numero non confortante di consumo di materie prime e relativa produzione di rifiuti. L'obiettivo è quello di creare qualcosa con un valore aggiunto impiegando sempre meno risorse. Viene quindi ampliato il concetto di sviluppo sostenibile che deve tener conto del nuovo principio delle 3R cioè di *Reuse, Reduce, Recycle* (riuso, riduzione e riciclo). Questo nuovo principio ha come obiettivo quello di sensibilizzare la società alla salvaguardia dell'ambiente, ridurre l'inquinamento prodotto dai processi di produzione, diminuire la produzione dei rifiuti e riutilizzare i prodotti, riciclandoli per aumentare il tempo di utilizzo dello stesso prodotto. Il nuovo modello di sviluppo ha prodotto degli effetti positivi soprattutto nel settore dei rifiuti urbani, sono diminuiti i rifiuti solidi pro-capite e il riciclo di materiali come carta, vetro e alluminio aumenta costantemente. I Paesi aderenti all'OECD cercano di migliorare la loro produttività²⁰, evitando sprechi prendendo in considerazione la i materiali utilizzati e del loro ciclo di vita in una prospettiva di *green economy*.

20 Per approfondimento Maria Gabriella Imbesi, *Il principio delle 3 R (Reduce, Reuse, Recycle) diventa il cardine dello sviluppo sostenibile, (Resource Productivity in the G8 and the OECD – Rapporto OECD)*, Ambiente Diritto, 2011. Fonte: www.ambientediritto.it

2.3 3R: *Reuse*

Il termine riusare indica che l'oggetto che si presenta in uno stato di degrado non troppo avanzato, ritrova il suo stesso impiego a cui era stato destinato fin dall'inizio. A questo stesso termine si attribuisce spesso sinonimi come recuperare o reimpiegare. Ma questi differiscono per una sottile differenza che consiste nel destinare il materiale ad un altro impiego. Il reimpiego, in architettura contemporanea, è differente per due aspetti: compositivo e tecnologico.

La pratica del reimpiego edilizio ha origini molto antiche ed è nato per soddisfare delle necessità diverse, da movimenti religiosi e artistici. Si ricorre al reimpiego edilizio anche perché ci si trova in una condizione in cui il suolo urbano è densamente costruito con opere edilizie in disuso perciò si preferisce intervenire sull'esistente piuttosto che realizzare nuove opere.

Dalla fine del Novecento nasce una nuova idea di riuso e reimpiego che è più rivolto alle varie componenti di un edificio, agli oggetti usati nella quotidianità e in ogni tipo di settore industriale e non solo.

Negli anni è cambiato il modo di progettare poichè adesso c'è un'attenzione più rivolta ai danni ambientali in cui è possibile cadere. Inoltre, nella progettazione di un edificio si considera anche il fine vita dello stesso provvedendo un piano sostenibile per la dismissione e il recupero. Con l'avvio della *circular economy* negli anni '70 si è cercato di dare un'alternativa sostenibile ad uno stile di vita del mondo che

non portava alcun beneficio. Un nuovo sistema economico in grado di generarsi autonomamente. I materiali sono considerati o biologici cioè in grado di reintegrarsi nell'ambiente da soli, o tecnici cioè destinati a essere trasformati senza entrare in contatto con l'ambiente. Sicuramente il reimpiego dei materiali comporta un maggior consumo di energie, senz'altro dispendiosa economicamente ma è una buona pratica da utilizzare per eliminare totalmente il problema delle quantità e della gestione rifiuti.

2.3.1 Reimpiego in Architettura

A contribuire a rendere il mondo più sostenibile sottraendo rifiuti dalle discariche sono anche molti architetti che hanno compreso l'importanza di cambiare la propria idea di progettare.

Superuse studios è stato tra i primi a rivoluzionare la prassi progettuale, infatti tutti i loro progetti realizzati sono stati concepiti a partire dalla ricerca dei materiali di scarto disponibili e idonei al loro progetto. A loro si deve lo studio dell'*harvest map* che consiste nell'individuare su una mappa, in un raggio di pochi chilometri dall'area di progetto, i luoghi dove è possibile reperire materiale di scarto potenzialmente utile alla realizzazione del progetto.

Lo stesso approccio al progetto è stato adottato anche dallo studio olandese *Refunc*. A differenza di *Superuse studios*, *Refunc* inizia la fase di progettazione solo dopo aver definito i materiali di scarto disponibili che possono essere utili per il nuovo progetto.

Numerosi sono gli esempi a cui ispirarsi, il riuso dei rifiuti è diventato una pratica molto usata soprattutto per artisti e professionisti che realizzano opere, installazioni urbane e nuovi progetti.

VILLA WELPELOO

Rotterdam, Olanda.

Superuse studios

2012



Foto di Allard van der Hoek

Fonte: <http://superuse-studios.com/index.php/2009/10/villa-welpeloo/>

La villa è stata realizzata con 60% di materiali riciclati reperiti in un raggio massimo di 15 km dal luogo. La villa è il perfetto esempio che costruire con gli scarti e non rinunciare alla bellezza formale si può. Il rivestimento esterno è stato realizzato interamente da listelli di legno smontati da bobine sui cui erano avvolti i cavi industriali. I profili di metallo che scandiscono il prospetto erano dei profili di acciaio che componevano una macchina dell'industria tessile. I due piani della casa sono raggiungibili, da una scala e da un montacarichi che originariamente era una piattaforma elevatrice industriale.

STUDIO 320

Seattle, WA.

HyBrid Architects

2005



Foto di Lara Swimmer.

Fonte: <http://thecasaclub.com/studio-320-tiny-container-cabin/>

I progettisti hanno denominato la capsula abitativa “*cargotecture*” proprio perché per realizzarla si sono serviti di due containers recuperati dalle navi. L’idea era quella di realizzare una casa prefabbricata, facile da trasportare per non essere costretti ad abbandonarla in caso di un cambiamento di città. I due containers sono stati modificati per dare spazio alle grandi vetrate facilmente schermabili dalle pareti del container richiudibili. La scelta di rivestirlo internamente in legno è legata al contesto boschivo in cui si trova.

RETANK5 WONDERBAR

Amsterdam, Olanda.

Refunc

2007

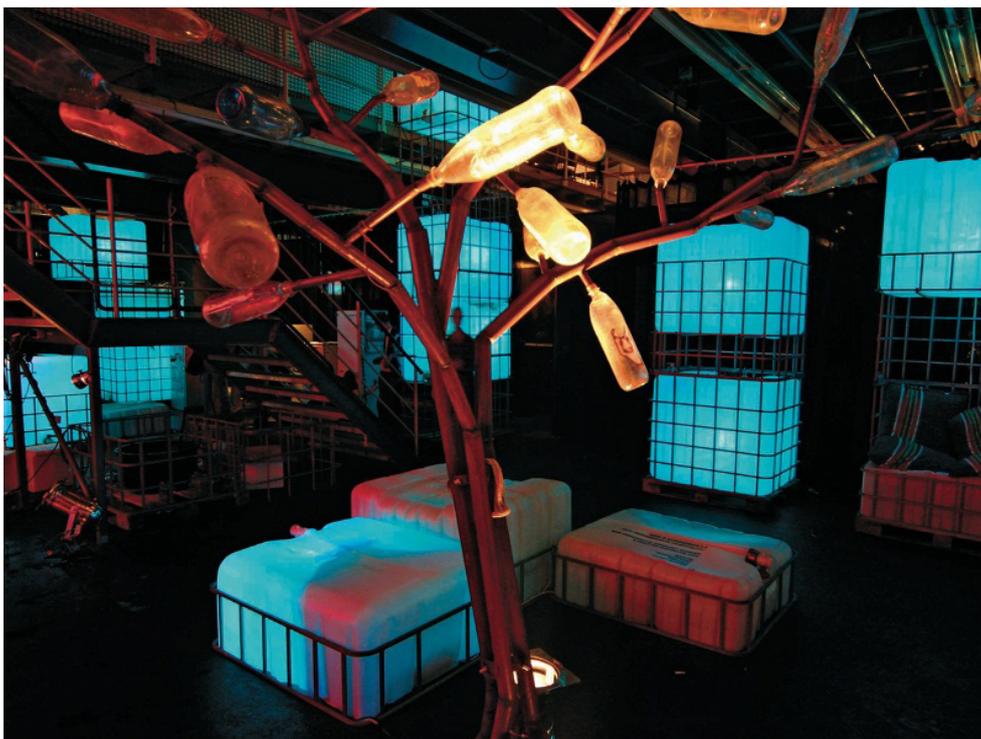


Foto di Jan Korbes.

Alejandro Bahamon, Maria Camila Sanjines, *Rematerial, from waste to architecture*, New York, W.W. Norton & Company, 2010, p. 212.

Per la realizzazione di questo bar, i progettisti hanno realizzato un sistema di luci, sedute e tavoli utilizzando sempre lo stesso elemento: taniche di plastica industriali. Queste sono state recuperate, trasportate nel luogo di progetto, disinfettate e montate. Una gabbia di metallo fa da struttura al container che lo sopraeleva per realizzare dei divanetti o tavolini.

CASA CHALÚ

Buenos Aires, Argentina.

Adamo-Faiden

2007



Fonte:<http://refunc.nl/>

Casa Chalù è una tipica casa popolare del centro di Buenos Aires detta casa *chorizo*. Le pareti del patio interno sono stati rivestite da un composto costituito da bottiglie di vetro frantumate in piccoli frammenti con dimensioni simili al quarzo secondo la tecnica *quartz plastering* direttamente nel luogo del cantiere. A questi segmenti viene aggiunto del cemento bianco per facilitare la tecnica di posa in opera. Lo strato di 20 cm permette di isolare meglio la parete e inoltre, la scelta dei materiali la rende più durevole e resistente agli agenti atmosferici e soprattutto non richiede nessun tipo di manutenzione.

MAISONGOMME

Aia, Olanda.

Refunc

2005-2007



Foto di Jan Korbes.
Fonte: **Fonte:** <http://refunc.nl/>

Il progetto consiste nel realizzare un ufficio da una vecchia casa da giardino che viene demolita. La nuova casetta viene realizzata interamente con materiali recuperati in giro per la città. La struttura è realizzata in legno recuperato da una scuola d'arte, il vetro isolante e il legno sono stati presi da un negozio chiuso per cessazione attività. I pneumatici per auto sono stati recuperati da un garage locale, tagliati e stesi per rivestire la copertura. Anche l'arredo all'interno è stato completamente recuperato, alcuni trovati per le strade della città altri recuperati da qualche attività in chiusura.

RETURN OF THE FRIDGE

Vilnius, Lituania.

Refunc

2007



Foto di Jan Korbes.
Fonte: **Fonte:** <http://refunc.nl/>

Il progetto nasce per risolvere un problema della compagnia di riciclaggio lituana la quale possedeva una quantità smisurata di frigoriferi da dover smaltire. L'idea era quella di dare visibilità all'azienda e di creare un collegamento tra il paesaggio lituano e la superstrada. I frigoriferi sono stati privati delle componenti elettriche e dei liquidi all'interno. Sono stati usati 800 frigoriferi che compongono un grande muro, lasciando dei vuoti per aprire delle finestre e balconi con vista sulla natura. L'opera viene chiamata anche "*Frixel*" perché è stato studiato un sistema di illuminazione che illumina i frigoriferi come pixel di un'immagine.

PENUMBRA

New York, USA

Jean Shin

2003

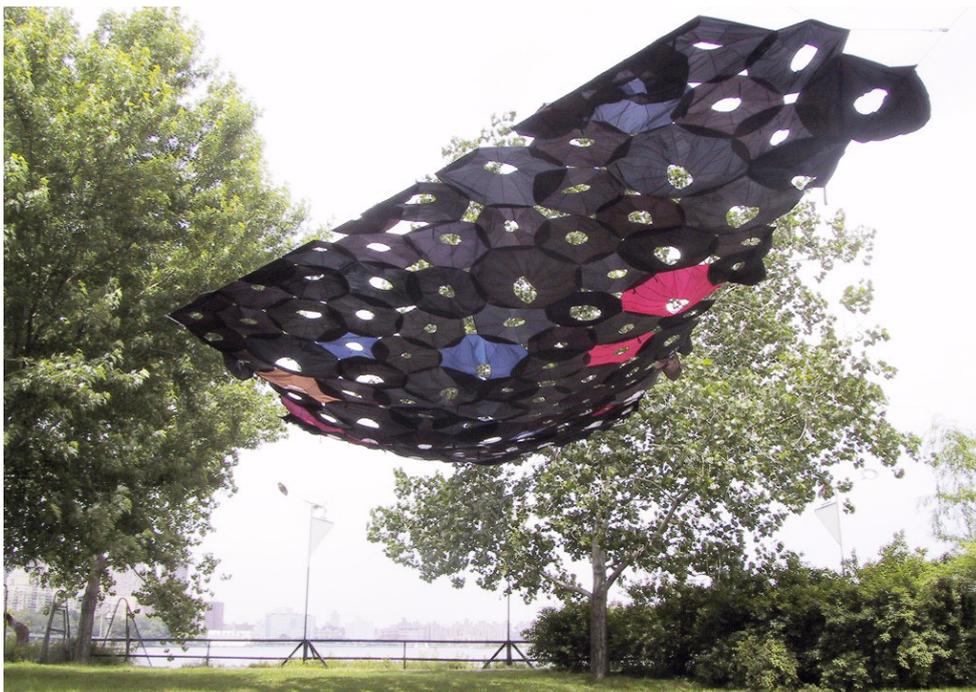


Foto di Masahiro Noguchi.

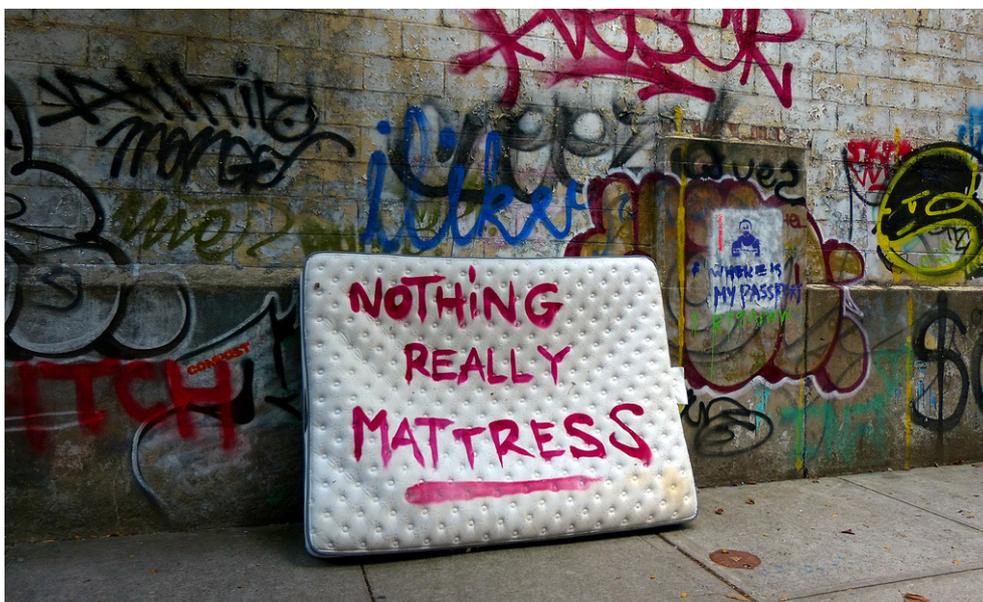
Alejandro Bahamon, Maria Camila Sanjines, Rematerial, from waste to architecture, New York, W.W. Norton & Company, 2010.

L'artista Jean Shin, per realizzare questa installazione in un parco di New York, ha recuperato il tessuto degli ombrelli rotti dal vento privandoli della struttura metallica. Per realizzare una superficie unica, sono stati uniti i tessuti. I fori al centro di ciascuna elemento consentono di avere un gioco di ombre sull'erba in continuo movimento grazie allo spostamento del vento.

2.3.2 Il reimpiego del materasso fuori uso

il materasso fuori uso, per alcuni non è altro che un contenitore di batteri, ingombrante e da dismettere in discarica, per altri invece è stato fonte di ispirazione per realizzare opere d'arte.

Alcuni designer e artisti hanno trovato in questo oggetto un nuovo modo di esprimere l'arte che sia un oggetto di design, un decoro urbano o un'opera contemporanea.



Fonte: <http://nothingreallymattress.org/>

È famoso in tutto il panorama mondiale un gruppo di *writers* “*Nothing Really Mattress*”, i quali cercano di trasformare il problema dei materassi abbandonati per le strade della città in decoro urbano. Il loro sfogo artistico è anche un modo per esprimere il loro disappunto e per sensibilizzare chi guarda.

Ci sono artisti come Wade Guyton e Kelley Walker che, per esprimere la loro arte si sono serviti dei materassi usati come tele su cui dipingere.



Fonte: <http://www.contemporaryartdaily.com/2013/07/wade-guyton-guyton/>



Fonte: <https://www.frankwillems.net/madamerubens/>

O come Frank Willems, designer, che ha creato una linea di poltrone di design chiamata "*Madame Rubens*". I materassi usati sono arrotolati e legati a sedie o mobili antichi, su cui viene spruzzato una schiuma igienizzante per poi essere colorati con colori a scelta.

Questi esempi mostrano come il problema ambientale si sta sempre più diffondendo trovando il consenso di molti tra cui diversi artisti che nel loro piccolo cercano di sensibilizzare lo spettatore.

2.4 3R: *Recycle*

Per riciclo si intende, soprattutto nel campo della gestione dei rifiuti, un insieme di pratiche che sono finalizzate a recuperare dei materiali che per diversi motivi non possono più svolgere la loro originaria funzione. L'obiettivo è quello di considerare il rifiuto come un'opportunità così da non smaltirli direttamente in discarica.

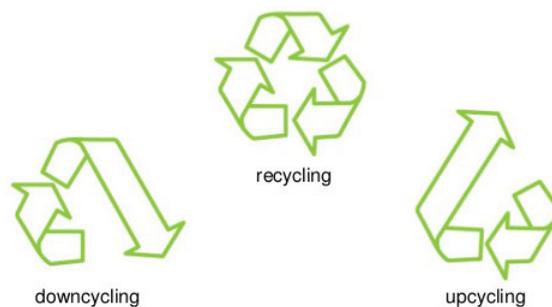
“Un processo di riciclaggio, confrontato con un processo di produzione in cui si utilizzano solo materie prime, per potersi definire ecocompatibile deve consumare meno energia e rilasciare meno inquinanti.”²¹

Poiché il riciclaggio si intende l'insieme di processi e trasformazioni chimico-fisiche dei rifiuti per produrre nuovi materiali, è possibile che il nuovo materiale può subire una perdita di qualità o l'acquisisce. Questi fenomeni prendono il nome rispettivamente di *downcycling*²² o *upcycling*²³.

21 S. Pagliolico, *4_Gestione sostenibile dei rifiuti*, Sostenibilità di processi e prodotti nei materiali per l'architettura, Politecnico di Torino, a.a. 17/18, p. 18.

22 *“Il downcycling, significa che l'oggetto o il materiale lavorato perdono di qualità.”* di S. Pagliolico, *4_Gestione sostenibile dei rifiuti*, Sostenibilità di processi e prodotti nei materiali per l'architettura, Politecnico di Torino, a.a. 17/18, p. 19.

23 *“L'upcycling è il processo di conversione di materiali di scarto o prodotti dismessi in nuovi materiali o prodotti di migliore qualità o che possiedono un migliore valore ambientale.”* di S. Pagliolico, *4_Gestione sostenibile dei rifiuti*, Sostenibilità di processi e prodotti nei materiali per l'architettura, Politecnico di Torino, a.a. 17/18, p. 19.



Kay, Thornton, *Salvo in Germany - Reiner Pilz*, SalvoNEWS (99): page 14.

Il simbolo del riciclaggio è costituito da tre frecce che formano il nastro di Möbius²⁴ per ribadire il concetto di ciclicità della vita di un materiale. Il simbolo può essere sostituito da tre frecce per certificare che il materiale di cui si dispone è riciclato. All'interno di esso possono esserci dei codici di riciclaggio UNICODE che variano da 1 a 7.

Il secondo simbolo rappresenta il concetto di downcycling, il quale consiste in operazioni di riciclaggio che peggiorano la qualità del rifiuto una volta trasformato. Un esempio di questo concetto può essere l'alluminio delle lattine che contengono le bevande. Se queste vengono miscelate con altro alluminio per realizzare un alluminio di seconda qualità, e non magari per un telaio di una bicicletta, è un esempio di downcycling.

Il terzo simbolo si riferisce all'upcycling cioè quel processo di riconversione di rifiuto in un materiale che aumenta il proprio valore

²⁴ Logo del designer Anderson che fa riferimento alla scoperta del matematico tedesco e studioso di superfici, Möbius. Egli scoprì di una nuova figura dalle proprietà particolari rappresentato da un nastro di carta, unito alle due estremità, eseguita una torsione su un lato si percepisce una figura finita ma con una superficie infinita. Per approfondimento: Steve Douglas, *History and design of Recycle logo*, «The logofactory», 2015.

e quello ambientale. Un esempio può essere la trasformazione delle bottiglie di plastica in felpe di pile.

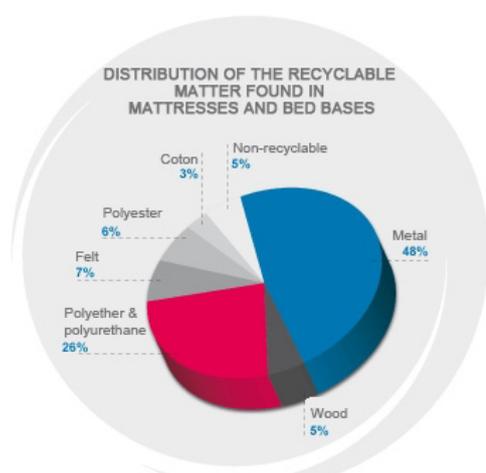
Questo significa che il riciclo è una grande occasione per dimostrare che il rifiuto può essere un nuovo punto di partenza di un processo circolare. Da rifiuto a opportunità, da problema della gestione dei rifiuti a soluzione e produzione di un nuovo prodotto ecocompatibile.

2.4.1 Riciclo del materasso fuori uso

In relazione alle interviste con i responsabili delle aziende di produzione e gestione del materasso, è stato possibile fare delle ipotesi sul perché ancora oggi, in Italia, non è realizzabile abbandonare il tradizionale piano d'azione dal momento che risulta dannoso per l'ambiente. Nonostante l'aggravante ambientale, ci sono ancora persone del settore che preferiscono l'attuale *modus operandi* perché vedono nel cambiamento solo un dispendio di risorse economiche e forza lavoro. Fortunatamente, ci sono Paesi che hanno dato spazio all'innovazione rivoluzionando il fine vita del materasso, come Olanda o Francia. I casi studio individuati agiscono secondo due modalità: sul processo produttivo per poter realizzare un prodotto circolare o sul fine vita del materasso, provvedendo alla corretta differenziazione dei materiali e il loro riciclo.

2.4.1.1 Recyc-mattress

La Recyc-mattress è un'azienda nata nel 2007 a Montreal in Quebec da Eric Castro e Pascal Cohen. I fondatori hanno sentito il bisogno di avviare un sistema che fornisse una soluzione ad un problema di cui nessuno si occupava. La loro missione è quella di separare e riutilizzare ogni elemento di cui è composto il materasso.



Fonte: <http://www.recyc-matelas.com>

Ad esempio, il poliuretano viene riusato come materia prima per realizzare della moquette, il cotone come isolamento termico per le autovetture, il molleggio può sostituire il metallo grezzo, il legno viene utilizzato come paccame.

Il loro contributo fin ad ora è stato notevole in quanto sono già riusciti a riciclare oltre 300.000 materassi.

È un processo che viene fatto manualmente e meccanicamente da macchinari appositi. Dopo aver separato tutti i materiali di cui è costituito un materasso, questi vengono utilizzati per realizzare dei sottoprodotti.



PALLET



DOGHE DELLA STRUTTURA



MOLLE



RIVESTIMENTO

Nonostante il loro operato abbia prodotto ottimi risultati, i due fondatori si sono posti il loro prossimo obiettivo di trasformare il poliestere in gas naturale. Purtroppo la ricerca non è semplice dal momento che non sono presenti in zona delle aziende con impianto a gas.

Inoltre, la *Recyc-mattresses* insieme con l'azienda produttrice di materassi canadese *Sleep Country*, ha istituito un progetto di beneficenza a favore delle famiglie più caritatevoli. Il progetto consiste nel regalare quei materassi usati e in buone condizioni che vengono ceduti all'azienda una volta che il cliente ne acquista uno nuovo. Questa iniziativa risulta essere proficua poiché fino ad ora sono stati donati circa 15.000 materassi usati solo nella sede di Toronto, luogo in cui è partita l'iniziativa²⁵.

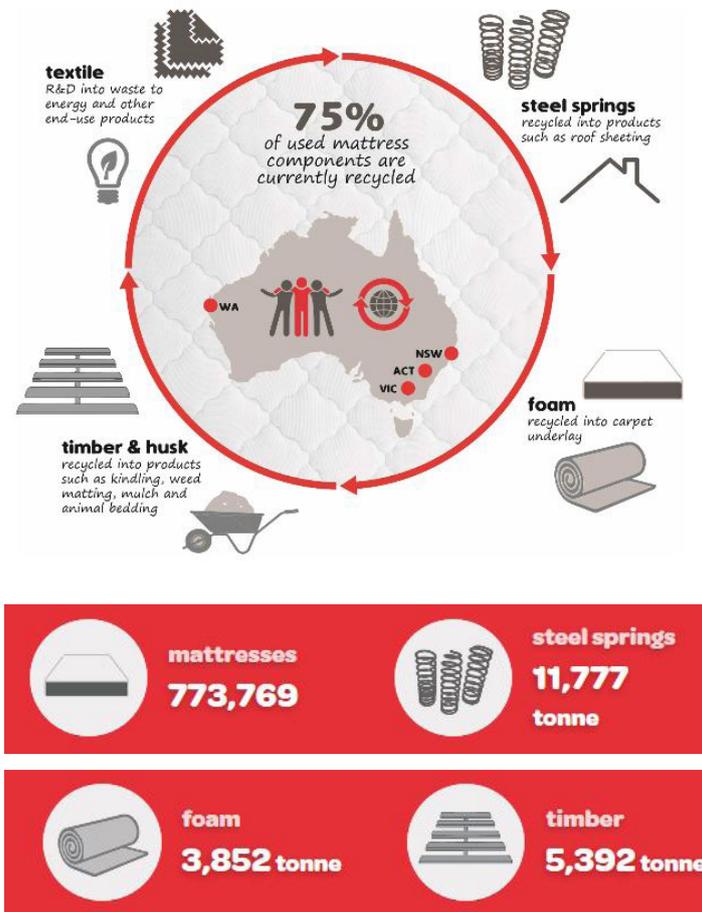
²⁵ Per approfondimento: <http://www.recyc-matelas.com/fr/mission>

2.4.1.2 *Niaga+DSM*

Anche in Olanda esiste una realtà simile a quella franco-canadese. La *Royal DSM* si è unita in questo progetto con *Niaga* con l'obiettivo di ridurre quasi a zero l'utilizzo dell'inceneritore in discarica e modificare il tradizionale processo produttivo per rendere il materasso un prodotto circolare. La sfida è quella di progettare e produrre dei materassi riciclabili al 100 per cento entro i prossimi tre anni. La *joint venture DSM+Niaga*²⁶ nasce nel 2014 come una *startup* rivolta a ridisegnare i prodotti da zero in modo da essere idonei alla *circular economy*. Per consolidare il loro progetto, si sono affiancati alla *Royal Auping*, una grande azienda produttrice di materassi. Grazie a questa collaborazione è stato possibile analizzare tutte le fasi, i materiali e le tecniche di realizzazione del materasso, individuando gli anelli deboli della catena di montaggio su cui poter intervenire per realizzare un nuovo prodotto circolare.

²⁶ Per approfondimento: <https://www.dsm-niaga.com/what-we-do/redesign-stuff.html>

2.4.1.3 Soft landing



Fonte: <http://www.softlanding.com>

Un'azienda che opera seguendo gli stessi obiettivi del caso franco-canadese è la *Soft landing*²⁷ in Australia. Il materasso viene separato da ogni suo componente per essere poi riusato come materia prima per la realizzazione di un nuovo prodotto. Il loro lavoro inizia dal recupero dei materassi direttamente in discarica per trasportarli poi nel loro centro di riciclaggio. L'azienda ricicla circa il 75% dei

²⁷ Per approfondimento: <https://www.softlanding.com.au/the-recycling-process/>

materiali di cui è composto il materasso. Ad esempio il molleggio in acciaio viene riciclato per realizzare prodotti come lastre per i tetti. La schiuma invece può essere riciclata come un tappeto fonoassorbente per rumori da calpestio nei sottofondi. Il legno delle doghe della rete del materasso può essere riciclato per realizzare accendini, pacciamme e lettiere per animali. Mentre il tessuto è considerato come un rifiuto con potenziale energetico.

La ricerca ha prodotto numerosi risultati interessanti, i casi sopra citati non sono gli unici ad operare in questo settore, sono stati proposti i più significativi e i più grandi in questo campo. Si può considerare questo, come un settore in espansione per molti Paesi stanno adottando lo stesso modus operandi.

2.5 3R: *Reduce*

Il termine inglese *reduce* significa letteralmente ridurre. Il miglior contributo che l'uomo può compiere è appunto ridurre il consumo giornaliero di sostanze che possono inquinare l'ambiente.

Ma non solo, prestare più attenzione nel quotidiano aiuterebbe a consumare meno, come ad esempio essere più ecologici negli spostamenti, spegnere l'illuminazione quando non è necessaria, non utilizzare stoviglie di plastica o qualsiasi oggetto considerato usa e getta.

Da anni ormai, molti studiosi stanno investendo sulla ricerca di nuovi materiali da sostituire per gli oggetti monouso, che siano facilmente riciclabili nel rispetto dell'ambiente.

Ad esempio, le stoviglie di plastica sono degli oggetti di uso comune, spesso utilizzate perché economiche e non necessitano di pulizia ma vengono semplicemente gettate una volta consumato il cibo.

Ma se non si vuole rinunciare a questa comodità ci sono delle ottime alternative alla plastica come la carta riciclata, il bamboo, foglia di palma, bioplastica che a differenza della plastica pura, è realizzata a partire da polimeri vegetali.

Il problema più grande è che più il materiale con cui vengono realizzati è naturale ed ecocompatibile, più il costo è elevato.

Di conseguenza il consumatore preferisce spendere meno se il consumo del prodotto è elevato. Ci saranno dei veri cambiamenti

anche da coloro che non prestano attenzione del consumo improprio della plastica solo quando tutti i prodotti in plastica verranno ritirati dal commercio lasciando spazio solo a prodotti riciclabili e naturali, abbassando il loro prezzo di acquisto.



Foto di Gabriella Fuzio.

3.1 I dati della letteratura scientifica internazionale

Il processo di produzione del settore tessile è scandito da filatura, tessitura, lavorazione a maglia e la produzione di abbigliamento. Di conseguenza si producono molti rifiuti che si dividono in macro categorie:

- scadente
- pulito
- difficile

a seconda della loro qualità, pulizia e tipo di processo di trasformazione che necessitano per essere riciclato. Una ricerca svolta dal Dipartimento di Tecnologia Tessile del Dr. B.R. Ambedkar Istituto Nazionale di Tecnologia di Jalandhar²⁸ in India, fa un approfondimento sulle diverse tipologie di fibre tessili che possono essere riciclate, sulle tecnologie che possono essere utilizzate, i pro e i contro del processo di riciclaggio.

Il primo punto è quello di fornire un quadro generale dell'output tessile prodotto dall'industria. I rifiuti possono essere considerati come:

- pre-consumo
- post-consumo
- classificati secondo processi industriali

28 Dinesh Bhatia, Ankush Sharma and Urvashi Malhotra, *Recycled fibers: An overview*, in "Science Direct", October-November 2014.

Il processo di riciclaggio di questi non possono far altro che dare dei benefici sia ambientali che per l'azienda. Ad esempio, riciclare un rifiuto significa ridurre i costi per l'acquisto delle materie prime, della dismissione in discarica e riduce l'impatto ambientale. Vengono considerate anche le diverse tecnologie da utilizzare durante il processo di riciclaggio dei rifiuti e quali prodotti possono essere realizzati. Ad esempio i più comuni sono utilizzati per produrre dei materiali isolanti, giochi di stoffa o soletta per scarpe.



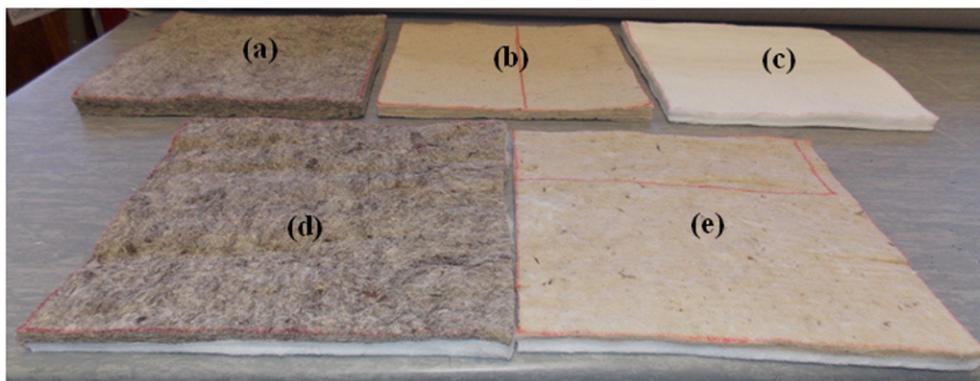
antodi52

Fonte: Dinesh Bhatia, Ankush Sharma and Urvashi Malhotra, *Recycled fibers: An overview*, in "Science Direct", October-November 2014. p.80.

Dalla ricerca svolta è stato possibile analizzare che molti studi siano più indirizzati nel verificare le performance termiche del prodotto considerato. Nonostante il fine di questa ricerca non risulta essere lo stesso, le letture scientifiche sono state utili per l'apprendimento delle metodologie, delle tecniche e di come interpretare i risultati ottenuti dai diversi test condotti.

Ad esempio una ricerca condotta dai membri del Dipartimento di

Scienza Tessile e del *Council for Scientific and Industrial Research*²⁹ di Port Elisabeth in Sudafrica ha prodotto un documento che descrive dettagliatamente tutti i test condotti per l'analisi termica e acustica di un nuovo prodotto composto da lana e poliestere.



(a) DW 100% lana dorper, (b) CW 100% lana coring, (c) RPET 100% poliestere riciclato, (d) DWP 50% DW 50% RPET, (e) CWP 50% CW 50% RPET.

Le prove sono state svolte su una serie di campioni diversi tra loro in spessore e percentuale di materiale contenuto, per poter confrontarli nei risultati ottenuti e stabilire quale tra quelli considerati è il più performante.

Le prove sono finalizzate a stabilire i valori di conducibilità termica, il coefficiente di assorbimento acustico, il tasso di umidità, la reazione al fuoco e la biodegradazione.

I risultati hanno mostrato che i campioni con migliori performance sono CWP e DWP. I due campioni hanno assorbito più del 70% di rumore incidente ad una frequenza di 50-5700 Hz. Non sono state

²⁹ Asis Patnaika,b, Mlano Mvubua, Sudhakar Muniyasamy,b, Anton Bothaa,Rajesh D. Anandjiwalaa, *Thermal and sound insulation materials from waste wool and recycled polyester fibers and their biodegradation studies*, January-February 2015.

evidenziate grosse differenze tra i campioni nella valutazione termica e acustica mentre nella valutazione della biodegradazione dei materiali ci sono stati valori significativi. L'osservazione è durata circa 50 giorni ed è emerso che i campioni CWP e DWP hanno una biodegradazione di circa 60-70%, i CW e DW del 80-85% mentre il RPET del 30%. La microstruttura dei campioni con lana pura risulta essere molto più deteriorata rispetto ai campioni con polistirene.

Di particolare interesse è stato anche lo studio condotto dal Dipartimento di Ingegneria Ambientale e Sviluppo Sostenibile di Cluj-Napoca in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Meccanica dell'Università Politecnica di Bucarest. Insieme, hanno studiato le proprietà acustiche del poliuretano a celle chiuse, calcolando il coefficiente di assorbimento acustico grazie al test condotto con il tubo di impedenza.

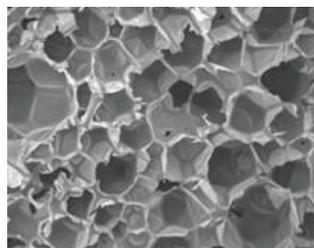


Fig. 1 Scarto tessile
Fig. 2 Poliuretano espanso
Fig. 3 Tubo di impedenza



Foto estratta dall'articolo scientifico: Asis Patnaika,b, Mlando Mvubua, Sudhakar Muniyasamya,b, Anton Bothaa,Rajesh D. Anandjiwalaa, *Thermal and sound insulation materials from waste wool andrecycled polyester fibers and their biodegradation studies*, January-February 2015, p. 561.

Il gruppo di ricerca ha realizzato dei campioni costituiti da percentuali diverse di poliuretano e scarti di tessuto, il test è stato eseguito su ognuno di questi provini e il risultato finale ha mostrato che il coefficiente di riduzione del rumore è circa due volte migliore per il campione costituito dal 60% di poliuretano e 40% di scarti di tessuto rispetto al campione 100% di poliuretano espanso.

I due grafici mostrano le correlazioni fra la composizione dei campioni con la densità e con il coefficiente di assorbimento acustico.

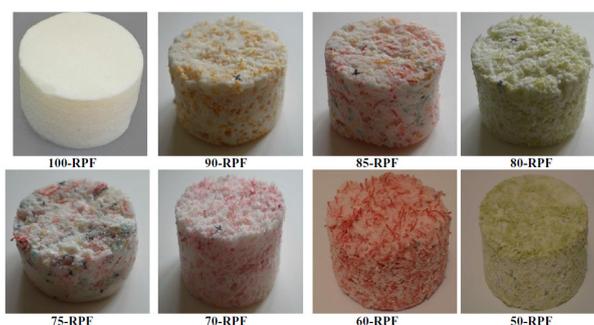
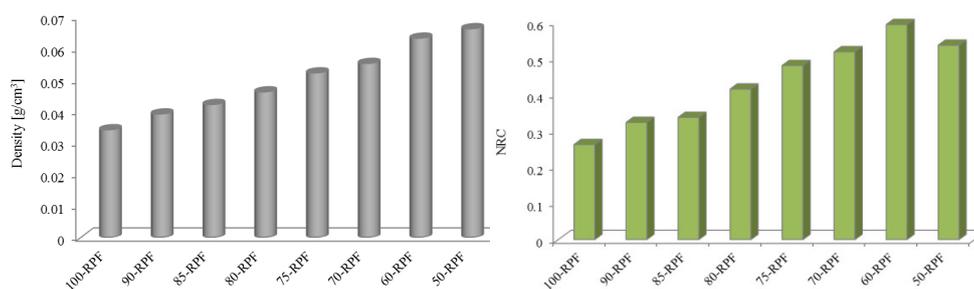


Foto estratta dall'articolo scientifico: Asis Patnaika,b, Mlando Mvubua, Sudhakar Muniyasamya,b, Anton Bothaa,Rajesh D. Anandjiwalaa, *Thermal and sound insulation materials from waste wool andrecycled polyester fibers and their biodegradation studies*, January-February 2015, p. 562.



Grafici estratti dall'articolo scientifico: Asis Patnaika,b, Mlando Mvubua, Sudhakar Muniyasamya,b, Anton Bothaa,Rajesh D. Anandjiwalaa, *Thermal and sound insulation materials from waste wool andrecycled polyester fibers and their biodegradation studies*, January-February 2015, p. 563-564.

Il primo istogramma evidenzia che al diminuire della percentuale di poliuretano contenuto nel campione aumenta la sua densità. Anche il secondo grafico mostra come la capacità del campione di assorbire il rumore aumenta al diminuire della percentuale di poliuretano contenuto. L'andamento è crescente nel primo tratto e si individua un punto massimo che rappresenta il campione con la più alta capacità di assorbimento acustico. Nel momento in cui il campione ha la stessa quantità sia di tessuto che di poliuretano allora le performance acustiche vengono meno. Questo fenomeno avviene perché aumenta la quantità di tessuto che, a differenza del poliuretano, non possiede un'ottima capacità fonoassorbente.

Alcuni ricercatori del dipartimento di Ingegneria Meccanica dell'Università di Sheffield³⁰ hanno studiato un metodo analitico per prevedere le proprietà acustiche delle fibre di poliestere, prendendo come modello quello di Kozeny-Carman³¹. L'obiettivo di questa ricerca è quello di mostrare che esistono dei modelli alternativi, basati sull'equazione di Kozeny-Carman³², con cui è possibile fare delle

30 Per approfondimento in Science Direct: Michail T. Pelegrinis, Kirill V. Horoshenkov, Alex Burnett, *An application of Kozeny-Carman flow resistivity model to predict the acoustical properties of polyester fibre*, July 2015.

31 L'equazione di Kozeny-Carman è utilizzata nel campo della dinamica dei fluidi per calcolare la caduta di pressione di un fluido che scorre attraverso un strato pieno di solidi. L'equazione è valida solo per il flusso laminare.

32
$$\frac{\Delta p}{L} = -\frac{180\mu}{\phi_s^2 D_p^2} \frac{(1-\epsilon)^2}{\epsilon^3} v_s$$
 Δp è la caduta di pressione; L è l'altezza totale dello strato; v_s è la velocità superficiale; μ viscosità del fluido; ϵ porosità del materiale; ϕ_s è la sfericità delle particelle; D_p è il diametro della particella sferica equivalente al volume

previsori sul diametro e sulla densità del materiale poroso che viene considerato. La ricerca ha dimostrato che un modello basato solo sul parametro della resistività al flusso è sufficiente per prevedere con precisione le proprietà acustiche della fibra del poliestere. Dallo stesso metodo è possibile ricavare la resistività del flusso del materiale poroso dal coefficiente di assorbimento acustico misurato nel tubo di impedenza. Questo modello di calcolo, rispetto ad altri, deriva dall'espressione dall'equazione di Poiseuille³³ per il calcolo del flusso laminare dei fluidi e mostra una possibile relazione tra la resistività al flusso, diametro delle fibre e della densità del materiale.

Le ricerche svolte dalle altre Università hanno permesso di fare delle prime riflessioni sul prodotto che invece è alla base di questa ricerca. Dopotutto lo sfrido di ritaglio dell'imbottitura di un materasso non è altro che l'insieme di poliuretano, poliestere, lana e tessuti la cui origine può variare in base alla richiesta del cliente. Gli studi svolti sono stati presi in considerazione perché prendono in analisi gli stessi materiali che compongono lo sfrido perciò, per similitudine ai casi sopra citati, è possibile affermare che lo sfrido di ritaglio potrebbe essere un buon elemento fonoassorbente e isolante acustico.

33 La legge di Poiseuille permette di calcolare la portata di un fluido reale che si muove di moto laminare all'interno di un condotto e consente anche di calcolare la velocità.

$$q = \frac{\pi R^4 \Delta p}{8 \eta l}$$

Δp è la differenza di pressione applicata alle due estremità del tubo, R il raggio del condotto, l è la lunghezza del condotto e μ è la viscosità del fluido.

3.2 I dati ricavati dal Cambridge Engineering Selector

Determinare i materiali che compongono gli sfridi di ritaglio del rivestimento del materasso è stato il primo passo per definire gli obiettivi di partenza da sviluppare durante la ricerca di questa tesi. Dal momento che l'azienda Flexilan 2000 s.r.l., a cui si fa riferimento, produce sfridi di diverse tipologie, per semplificare l'analisi dei materiali, è stato scelto quello il cui quantitativo è maggiore. La caratterizzazione dei materiali è stata utile al fine di individuare le possibili future applicazioni del rifiuto pre consumo e di fare un confronto degli stessi in modo da ragionare sulle possibili combinazioni che possano rendere il prodotto più performante. Poliestere, viscosa, poliuretano a diverse densità, lana e cotone sono le materie prime più utilizzate per la produzione del rivestimento di un materasso standard. Lo sfrido, oggetto di analisi, non è altro che la composizione di materiali naturali come la lana e il cotone, e sintetici come poliestere, viscosa e poliuretano. Per la loro caratterizzazione è stato fondamentale l'uso del *Cambridge Engineering Selector*³⁴ (CES Edupak). Questo programma rende disponibile una banca dati in cui sono raccolti materiali illimitati considerando le variabili ambientali e chimico-fisiche. Di tutte le informazioni che vengono fornite dal software è stato opportuno selezionare le proprietà necessarie e utili a definire le performance dei componenti dello sfrido.

34 Il programma CES è stato creato dal gruppo EduPack di Granta Design.

3.2.1 I materiali considerati

Le schede di seguito allegate, sono una rielaborazione delle schede tecniche presenti nel database del software CES Edupak. Di ogni materiale analizzato, si considera la composizione e le proprietà fisiche, termiche, meccaniche e ambientali e ambientali. Per la composizione del materiale si fa riferimento alla forma, alla famiglia o origine del materiale, la base e i contenuti rinnovabili. Delle proprietà fisiche si prende in considerazione solo la densità del materiale, di quelle meccaniche, il Modulo di Young e l'allungamento mentre per le proprietà termiche, la conducibilità termica e la massima temperatura di servizio. Poichè si tratta di materiali che potranno essere impiegati in edifici pubblici, in cui è richiesta un'elevata classe di resistenza al fuoco, tra le caratteristiche si è preso come riferimento anche la fiammabilità del materiale. Tra le caratteristiche ambientali si prendono in esame l'embodied energy, la CO₂ incorporata e l'acqua consumata durante il processo produttivo. Inoltre, di ogni materiale, viene definito se può essere riciclabile e se durante questo processo c'è una perdita di qualità (downcycling), se è possibile la dismissione in discarica una volta concluso il suo ciclo di vita e se è biodegradabile.

lana

Composizione

Forma	Fibra
Famiglia del materiale	Naturale
Base del materiale	Biologica
Contenuti rinnovabili	100%



Fonte: <http://www.guidaflex.it/web/wp-content/uploads/2016/07/lana-imp.jpg>

Proprietà

Valori

Fisiche

Densità

1,2e3 - 1,32e3 kg/m³

Meccaniche

Modulo di Young

53,9 - 5,2 GPa

Allungamento

0,7 - 5,1 %

Termiche

Massima temperatura di servizio

110 - 120 °C

Conducibilità termica

0,2 - 0,3 W/m °C

Durabilità

Fiammabilità

Altamente infiammabile

Energia primaria prodotta , CO₂ e acqua

Energia incorporata, primaria prodotta

46,1 - 50,8 MJ/kg

CO₂ prodotta

1,09 - 1,2 kg/kg

Acqua consumata

1,62e5 - 1,79e5 l/kg

Riciclaggio e fine vita

Riciclabile

x

Downcycle

v

Dismissione in discarica

v

Biodegradabilità

v

Elaborazione personale della scheda tecnica di "Wool" del programma CES Edupak.

cotone

Composizione

Forma	Fibra
Famiglia del materiale	Naturale
Base del materiale	Cellulosa
Contenuti rinnovabili	100%



Fonte: <http://static.naturalcotton.com/wp-content/uploads/2017/03/perche-coton-e-idrofilo.jpg>

Proprietà

Valori

Fisiche

Densità

1,5e3 - 1,6e3 kg/m³

Meccaniche

Modulo di Young

5,5 - 28 GPa

Allungamento

7 - 8 %

Termiche

Massima temperatura di servizio

110 - 130 °C

Conducibilità termica

0,2 - 0,3 W/m °C

Durabilità

Fiammabilità

Altamente infiammabile

Energia primaria prodotta , CO₂ e acqua

Energia incorporata, primaria prodotta

43,3 - 47,8 MJ/kg

CO₂ prodotta

0,851 - 0,938 kg/kg

Acqua consumata

7,38e3 - 8,16e3 l/kg

Riciclaggio e fine vita

Riciclabile

x

Downcycle

v

Dismissione in discarica

v

Biodegradabilità

v

Elaborazione personale della scheda tecnica di "Cotton" del programma CES Edupak.

diacetato di cellulosa

Composizione

Contenuto rinnovabile	100%
Codice polimero	CA-P



Fonte:
https://www.polimerica.it/public/immagini/materiali%20e%20app/solvay_acetow.jpg

Proprietà

Valori

Fisiche

Densità

980 - 1e3 kg/m³

Meccaniche

Modulo di Young

1,66 - 1,74 GPa

Allungamento

32,5 - 35,4 %

Termiche

Massima temperatura di servizio

53 - 67 °C

Conducibilità termica

0,13 - 0,15 W/m °C

Durabilità

Fiammabilità

Altamente infiammabile

Energia primaria prodotta , CO₂ e acqua

Energia incorporata, primaria prodotta

84,8 - 93,5 MJ/kg

CO₂ prodotta

3,24 - 3,57 kg/kg

Acqua consumata

228 - 252 l/kg

Riciclaggio e fine vita

Riciclabile

v

Downcycle

v

Dismissione in discarica

v

Biodegradabilità

v

Elaborazione personale della scheda tecnica di "Cellulose Acetate" del programma CES Edupak.

poliestere

Composizione

Polimeri 100%



Fonte: https://www.darben.com/fileadmin/_migrated/pics/09_Polyesterhohlfaser.jpg

Proprietà

Valori

Fisiche

Densità

1,01e3 - 1,2e3 kg/m³

Meccaniche

Modulo di Young

0,293 - 0,308 GPa

Allungamento

40 - 310 %

Termiche

Massima temperatura di servizio

-43 - 7 °C

Conducibilità termica

0,154 - 0,161 W/m °C

Durabilità

Fiammabilità

Altamente infiammabile

Energia primaria prodotta , CO₂ e acqua

Energia incorporata, primaria prodotta

67,9 - 74,8 MJ/kg

CO₂ prodotta

2,41 - 2,66 kg/kg

Acqua consumata

190 - 210 l/kg

Riciclaggio e fine vita

Riciclabile

x

Downcycle

v

Dismissione in discarica

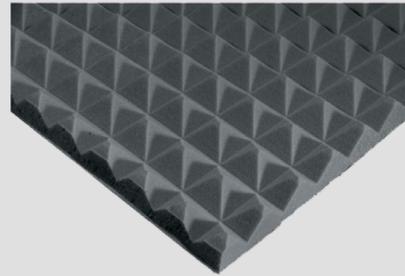
v

Biodegradabilità

x

Elaborazione personale della scheda tecnica di "Polyester" del programma CES Edupak.

<h1>poliuretano</h1>	
Composizione	
Polimeri	100%
Proprietà	
Valori	
Fisiche	
Densità	150 - 170 kg/m ³
Meccaniche	
Modulo di Young	9e-4 - 0,0011 GPa
Allungamento	300 - 400 %
Termiche	
Massima temperatura di servizio	72 - 77 °C
Conducibilità termica	0,022 - 0,026 W/m °C
Durabilità	
Fiammabilità	combustione lenta
Energia primaria prodotta , CO₂ e acqua	
Energia incorporata, primaria prodotta	85 - 93,8 MJ/kg
CO ₂ prodotta	4,95 - 5,46 kg/kg
Acqua consumata	280 - 310 l/kg
Riciclaggio e fine vita	
Riciclabile	x
Downcycle	v
Dismissione in discarica	v
Biodegradabilità	x



Fonte:
https://www.audio5.it/44323-large_default/pannello-piramidale-in-poliuretano-espanso-adessivo-foglio-2000x50x1000mm-ml-acsp7650.jpg

Elaborazione personale della scheda tecnica di "Polyrethane" del programma CES Edupak.

3.2.3 Le proprietà dei materiali

Per dimostrare la conformità e l'attinenza alla ricerca delle proprietà dei materiali che sono state considerate, è utile riportare alcune definizioni.

PROPRIETÀ MECCANICHE

La proprietà meccanica di un materiale rappresenta il comportamento del materiale che può avere in presenza di una forza di piccola intensità. Il campione del materiale può deformarsi in maniera elastica (reversibile) o inelastica (irreversibile). Sapere come il materiale reagisce ad una sollecitazione è fondamentale per comprendere in quale campo di applicazione può essere utilizzato.

Tra le proprietà meccaniche, facciamo riferimento ad alcune caratteristiche quali:

- Modulo di Young
- Resistenza a trazione
- Modulo di compressibilità
- Coefficiente di Poisson

PROPRIETÀ FISICHE

Le proprietà fisiche di un materiale caratterizzano il comportamento e lo stato del materiale durante i processi di trasformazione e non sono

altro che le conseguenze della struttura e della composizione chimico fisica del materiale. Tra le proprietà fisiche fanno parte le proprietà termiche, chimiche, ottiche, elettriche.

PROPRIETÀ TERMICHE

Le proprietà termiche descrivono il comportamento dei materiali in funzione dei cambiamenti di temperatura. Il materiale può assorbire o cedere calore e a seconda della dimensione può innescarsi un trasporto di energia tra le superfici che sono esposte a diversa temperatura. Le proprietà principali di cui si tengono conto nell'analisi di un materiale edile sono:

- Conducibilità termica
- Trasmittanza termica

PROPRIETÀ ELETTRICHE

Le proprietà elettriche descrivono come un materiale risponde in presenza di un campo elettrico. In relazione al loro comportamento i materiali vengono divisi in conduttori, isolanti, magnetici e semiconduttori. La proprietà di cui si tiene conto nel campo edilizio è la resistività elettrica.

PROPRIETÀ OTTICHE

Le proprietà ottiche fanno riferimento al comportamento del materiale in presenza di luce. La caratteristica comune è la trasparenza e

l'opacità. Un materiale opaco impedisce una completa trasmissione della luce in quanto una parte viene trasmessa, una parte assorbita e un'altra riemessa.

PROPRIETÀ CHIMICHE

Le proprietà chimiche rappresentano soprattutto le caratteristiche dell'ambiente in cui il materiale si trova. Il degrado chimico spesso causa perdita dell'efficienza delle prestazioni del materiale compromettendo l'utilizzo del prodotto.

Del materiale si tiene conto della resistenza al degrado e all'attacco chimico, caratteristica che riguarda la composizione chimico-fisica del materiale e dalla sua natura perciò differisce per ciascun materiale.

PROPRIETÀ ACUSTICHE

Le proprietà acustiche rappresentano il comportamento di un materiale nei confronti del suono. Come per le proprietà termiche, anche il suono può essere assorbita, riflessa e trasmessa dal materiale. Il suono è la percezione che l'orecchio umano ha della vibrazione di un corpo. Le onde sonore si propagano nell'aria o in un mezzo elastico perciò è indispensabile affermare che la propagazione del suono dipende dalle caratteristiche elastiche del mezzo in questione.

In acustica, è fondamentale la differenza tra il concetto di fonoisolamento e di fonoassorbimento. Un materiale si definisce fonoisolante quando la sua capacità primaria è quella di limitare la diffusione del suono incidente. Questa proprietà è legata alla massa

e al modulo elastico che, all'aumentare di questi valori, aumenta anche il potere di attenuazione del suono. Al contrario un materiale si definisce fonoassorbente se ha la capacità di assorbire l'energia sonora incidente. Viene preso in considerazione il coefficiente di assorbimento sonoro il quale è il rapporto tra la somma dell'intensità sonora dissipata e trasmessa rispetto a quella incidente.

3.2.4 Analisi dei risultati

L'individuazione e la comprensione delle proprietà dei materiali di cui prendiamo in considerazione per la ricerca, ha permesso di creare una correlazione grazie a grafici elaborati dal programma CES e fare delle considerazioni a riguardo.

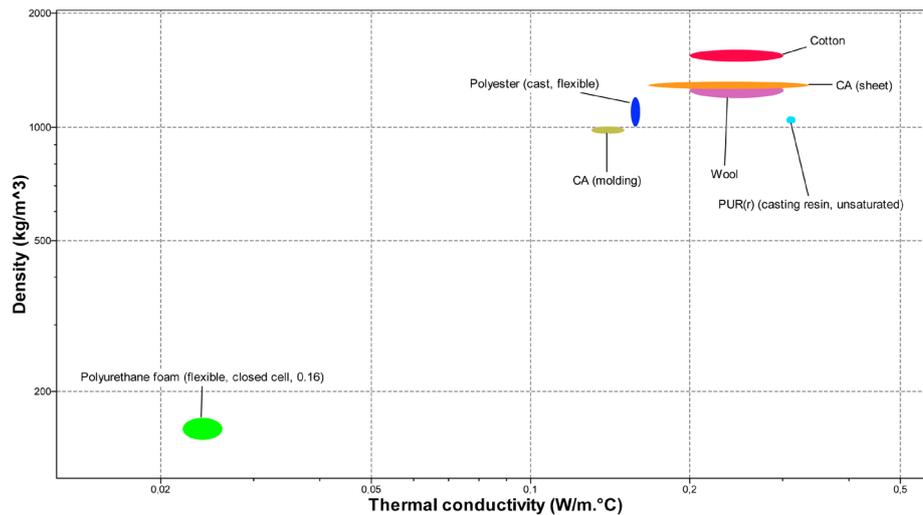
Il *software* CES permette di realizzare dei *charts* a partire dalla scelta dei materiali che si decide di voler confrontare e quali proprietà considerare, tenendo conto che la correlazione tra le due deve essere simile per della tipologia e attinente alla scelta. Sono stati eseguiti diversi casi per meglio esaminare le prestazioni dei materiali che costituiscono i vari strati dello sfrido preso in analisi, confrontandoli. I materiali che si considerano in tutti i grafici sono alcuni isolanti sintetici come il poliuretano espanso, il polistirene, cellulosa acetata e fibre naturali come la lana e il cotone.

Grafico 01

Densità e conducibilità termica

CES 2017
EDUPACK

Stage 2: Density (kg/m³) vs. Thermal conductivity (W/m.°C)



Nel primo grafico si considerano gli stessi materiali sopra citati in relazione alle proprietà di conducibilità termica e densità. L'analisi del grafico si sviluppa in un range di valori che per la conducibilità termica è compreso tra 0,01 e 0,05 W/m°C mentre per la densità i valori sono compresi tra 0 e 2000 kg/m³.

Come è evidente nel grafico, la schiuma di poliuretano (in verde) è il materiale più performante perché ha bassi valori di densità compresi tra 150 e 170 kg/m³ e bassi valori di conducibilità termica compresi tra 0,022 e 0,026 W/m°C.

Questa tipologia di poliuretano è più performante rispetto al PUR perché quest'ultimo ha un conducibilità termica molto più alta, i cui valori sono compresi tra 0,304 e 0,316 W/m°C così come anche la sua densità, compresa tra 1040 e 1060 kg/m³. Gli altri materiali (lana, cotone, poliestere, cellulosa acetata) sono compresi in un intervallo di valori di densità tra 980 e 1320 kg/m³.

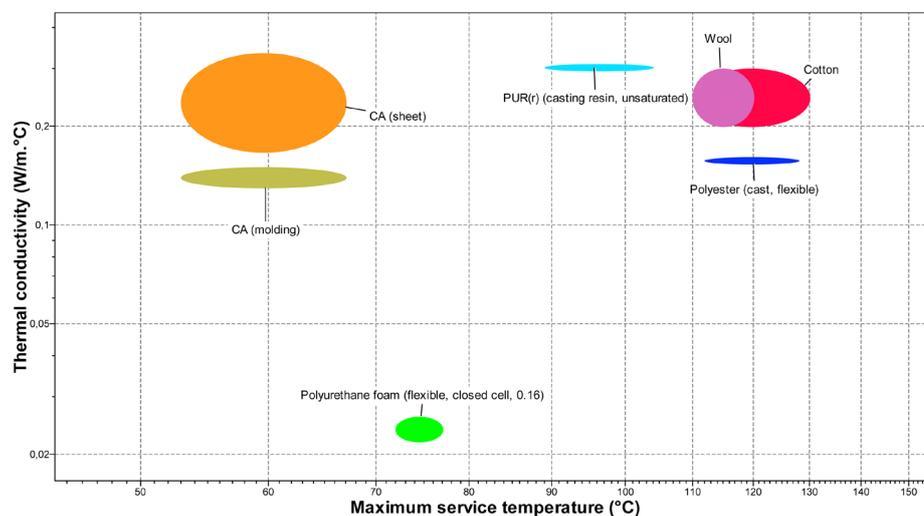
Grafico 02

Conducibilità termica e massima temperatura di servizio

Il secondo grafico mette in relazione le caratteristiche di conducibilità termica e massima temperatura di servizio

CES 2017
EDUPACK

Stage 4: Thermal conductivity (W/m.°C) vs. Maximum service temperature (°C)



Quest'ultima è considerata come la massima temperatura che un materiale isolante può sopportare senza eventuali perdite del suo funzionamento. I range di valori considerati sono compresi tra 0,01 e 0,5 W/m °C per la conducibilità termica e tra 0 e 150 °C.

Da quanto mostra il grafico, il materiale che una perdita di prestazioni a basse temperature in un range di valori compresi tra 53-67 °C è la cellulosa acetata, mentre la schiuma di poliuretano tra 72-77 °C, inferiore rispetto al poliuretano (PUR) che invece subisce delle

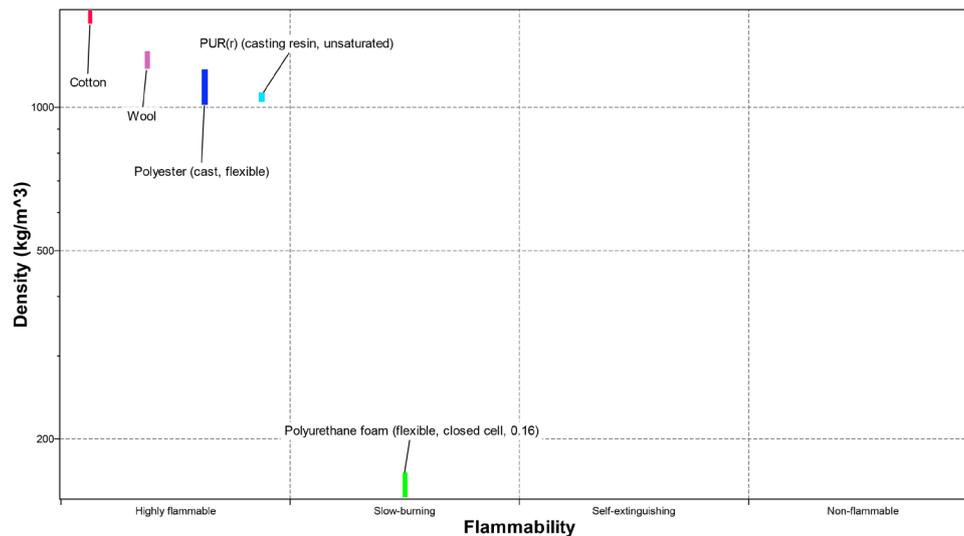
variazioni a temperature di 89-104 °C. Il cotone, la lana e il poliestere sono i più performanti poiché la temperatura massima che possono raggiungere è compresa tra 110-130 °C.

Grafico 03

Densità e infiammabilità

CES 2017
EDUPACK

Stage 9: Density (kg/m³) vs. Flammability



CES EduPack 2017 (C) Grantia Design Ltd

Il terzo grafico mette in relazione la densità e la infiammabilità dei materiali che sono presi in considerazione. L'immagine mostra che il cotone, la lana, il poliestere e il poliuretano hanno un'elevata densità e risultano essere altamente infiammabili. La schiuma di poliuretano invece è molto meno densa dei materiali confrontati e in presenza di fiamme ha una lenta combustione. La capacità di un materiale di resistere alle fiamme, rallentando la combustione dipende non solo dalla sua densità ma anche dai processi di produzione, dagli elementi aggiuntivi e dalla proprietà intrinseche del materiale.

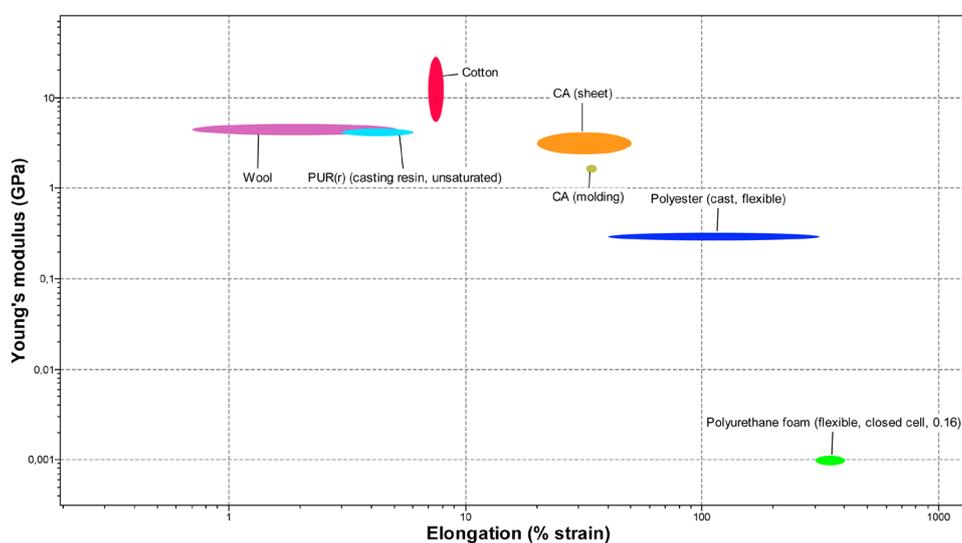
Grafico 04

Modulo di Young e allungamento

Il grafico qui di seguito mette in relazione due caratteristiche che valutano la componente meccanica del materiale ovvero il modulo di Young o modulo di elasticità e l'allungamento.

CES 2017
EDUPACK

Stage 7: Young's modulus (GPa) vs. Elongation (% strain)



CES EduPack 2017 (C) Granta Design Ltd

Il modulo di Young, misurato in Pascal, è considerato come una grandezza che esprime il rapporto tra lo sforzo applicato e la deformazione che ne deriva. L'allungamento è la variazione dimensionale che deriva dallo sforzo applicato, può essere plastico o elastico. La deformazione plastica è permanente mentre quella elastica è reversibile cioè rimuovendo lo sforzo il materiale ritorna al suo stato iniziale. I materiali che hanno un elevato modulo di Young

e risultano essere elastici sono la lana e il poliestere. L'allungamento è inferiore per il poliuretano, il cotone e la cellulosa acetata che presenta valori diversi per i due casi considerati (sheet e molding). La schiuma di poliuretano ha sia un basso modulo di Young che un ristretto intervallo di valori di allungamento.

Nella seconda parte è stata condotta un'analisi rivolta al confronto dei materiali facendo riferimento alla sostenibilità degli stessi. Sono stati presi in considerazione parametri come energia incorporata, la CO₂ prodotta durante il processo di produzione, la quantità di acqua consumata, biodegradabilità tenendo conto se il prodotto viene smaltito solo in discarica o può essere riciclato. Prendendo in considerazione queste caratteristiche è stato utile per identificare quei materiali che sono potenzialmente molto performanti ma che risultano molto impattanti sia nel processo di produzione che alla fine del suo ciclo di vita.

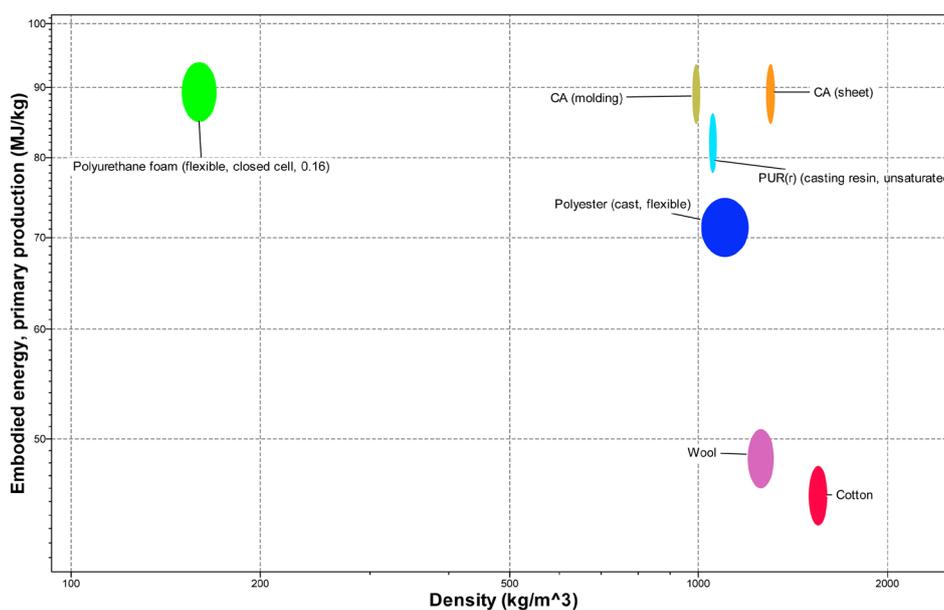
Grafico 05

Embodied energy e densità

Nel seguente grafico si prende in analisi l'energia incorporata e la densità del materiale.

CES 2017
EDUPACK

Stage 13: Embodied energy, primary production (MJ/kg) vs. Density (kg/m³)



Per embodied energy si considera quell'energia utile a garantire tutte le fasi del ciclo di vita del materiale che si prende in considerazione. A partire dall'approvvigionamento delle materie prime fino alla dismissione del prodotto. Come si evince dal grafico, la lana e il cotone sono quei materiali che utilizzano un basso quantitativo di energia perché sono dei materiali naturali che hanno bisogno di poca lavorazione per la produzione e per la dismissione.

La cellulosa acetata, il poliuretano in schiuma e non, il poliestere hanno dei valori molto alti di embodied energy questo perché a differenza

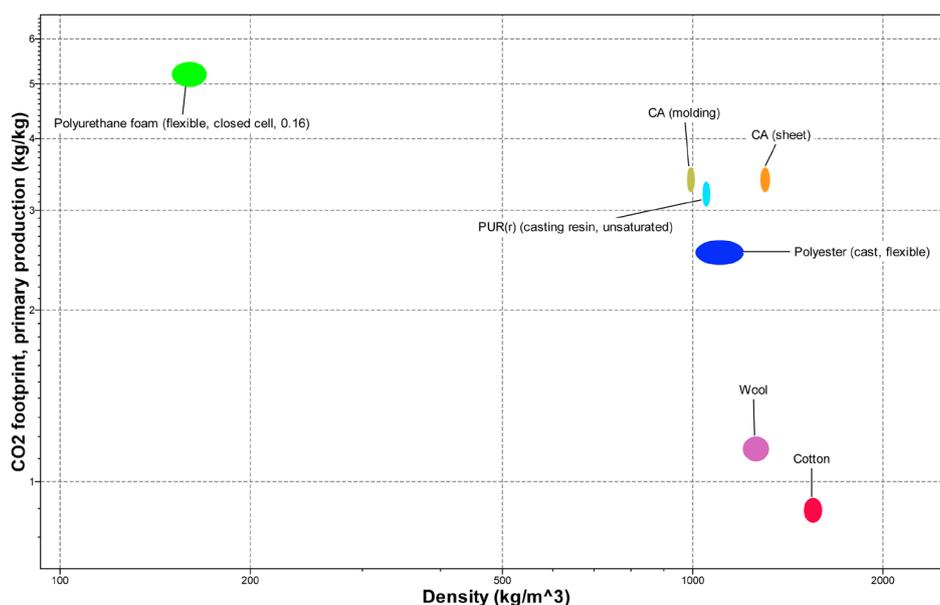
della lana e del cotone, subito processi di lavorazioni più complessi. Il poliestere ha dei valori leggermente più bassi compresi tra 67,9 a 74,8 MJ/kg mentre la cellulosa acetata e la schiuma di poliuretano hanno dei valori simili cioè compresi tra 85 e 94 MJ/kg.

Grafico 06

CO2 e densità

CES 2017
EDUPACK

Stage 16: CO2 footprint, primary production (kg/kg) vs. Density (kg/m³)



Il grafico mostra la correlazione fra la quantità di anidride carbonica prodotta e la densità. Si tiene conto della produzione di CO₂ perché è uno dei principali fattori che influisce sull'impatto ambientale, in particolar modo, sull'effetto serra.

Le emissioni di CO₂ considerate sono relative ai processi di produzione infatti, come si può osservare dal grafico, i materiali di origine naturale producono emissioni di numero inferiore rispetto ai materiali sintetici. La schiuma di poliuretano è il materiale che emette più CO₂ i cui valori possono variare da 4,95 a 5,46 kg/kg a differenza della lana e del cotone che hanno valori rispettivamente compresi tra 1,09 e 1,2 kg/

kg e 0,851 e 0,938 kg/kg.

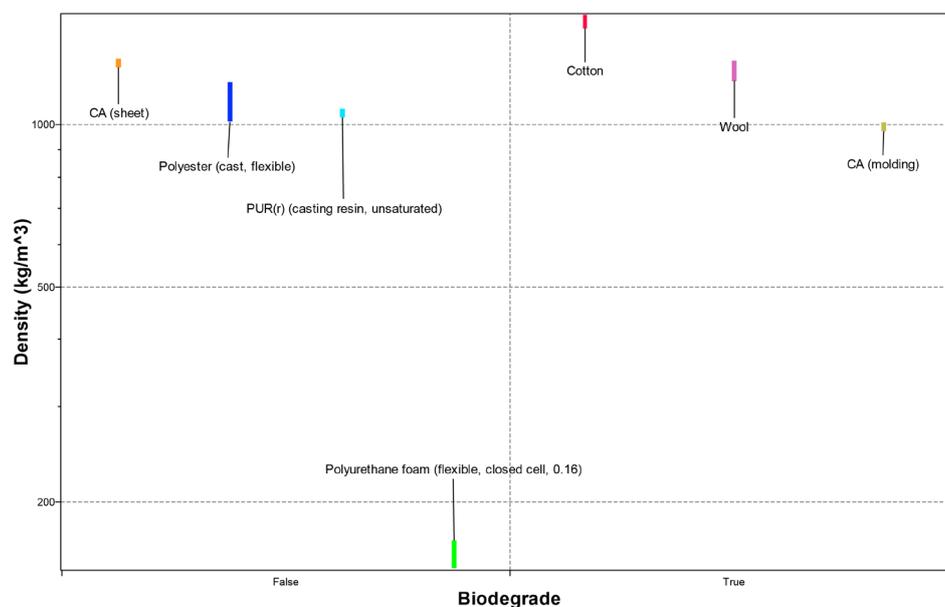
Il poliestere e la cellulosa acetata, si considerano materiali sintetici come il poliuretano, non hanno valori elevati infatti sono compresi 2,41 e 3,57 kg/kg.

Grafico 07

Confronto tra dismissione, downcycle, biodegradabile, riciclabile.

GRANTA
CES 2017
EDUPACK

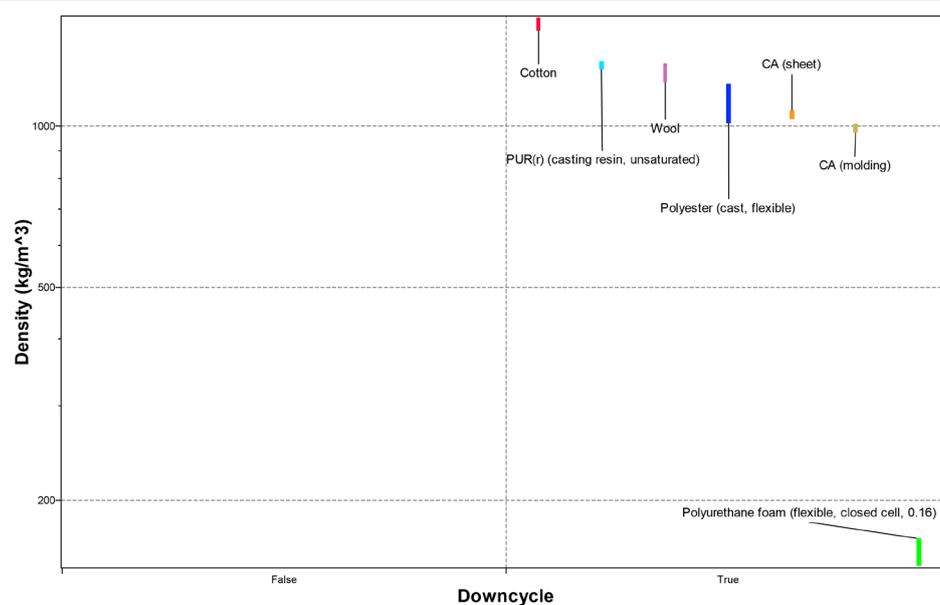
Stage 20: Density (kg/m³) vs. Biodegrade



CES EduPack 2017 (C) Granta Design Ltd

GRANTA
CES 2017
EDUPACK

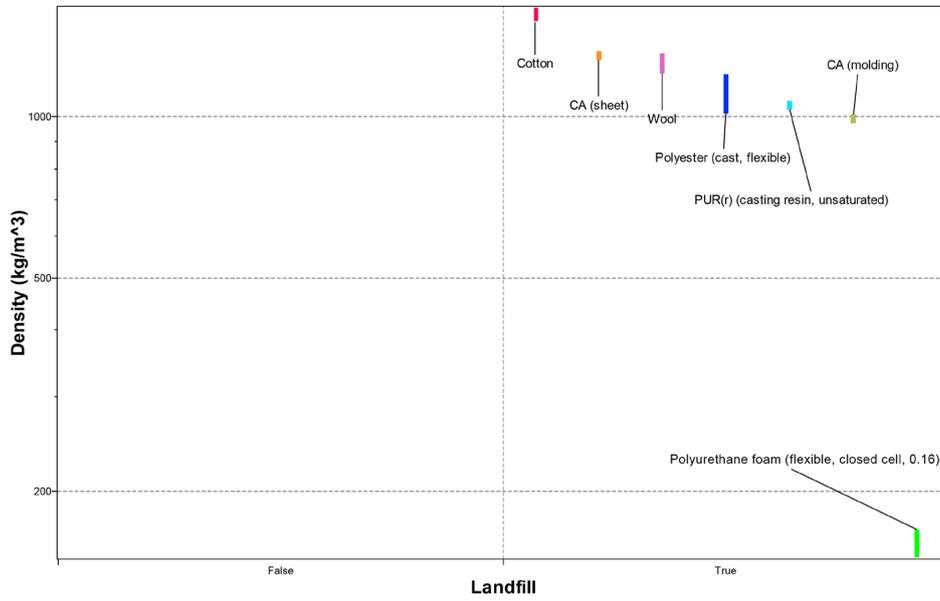
Stage 25: Density (kg/m³) vs. Downcycle



CES EduPack 2017 (C) Granta Design Ltd

CES 2017
EDUPACK

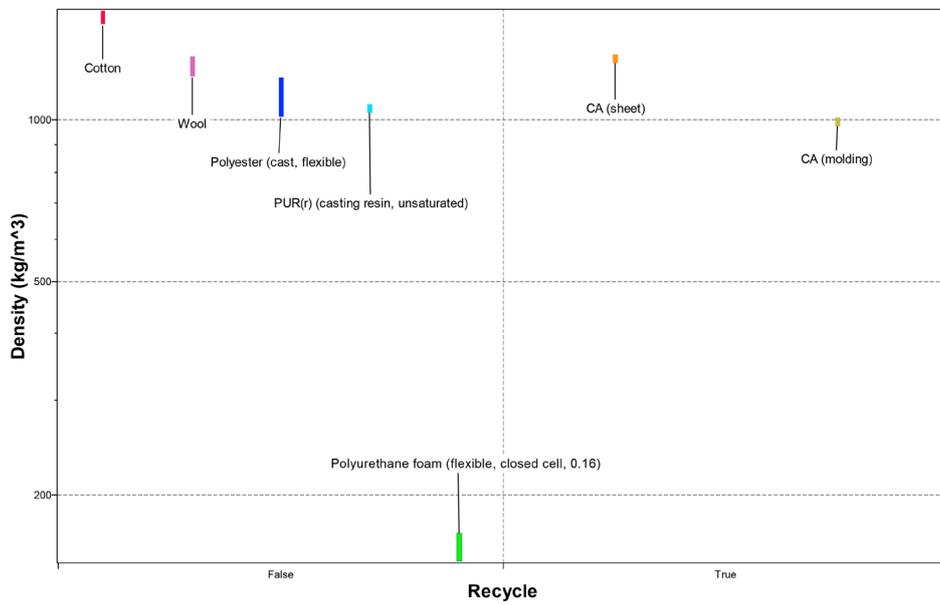
Stage 22: Density (kg/m³) vs. Landfill



CES EduPack 2017 (C) Granta Design Ltd

CES 2017
EDUPACK

Stage 18: Density (kg/m³) vs. Recycle



CES EduPack 2017 (C) Granta Design Ltd

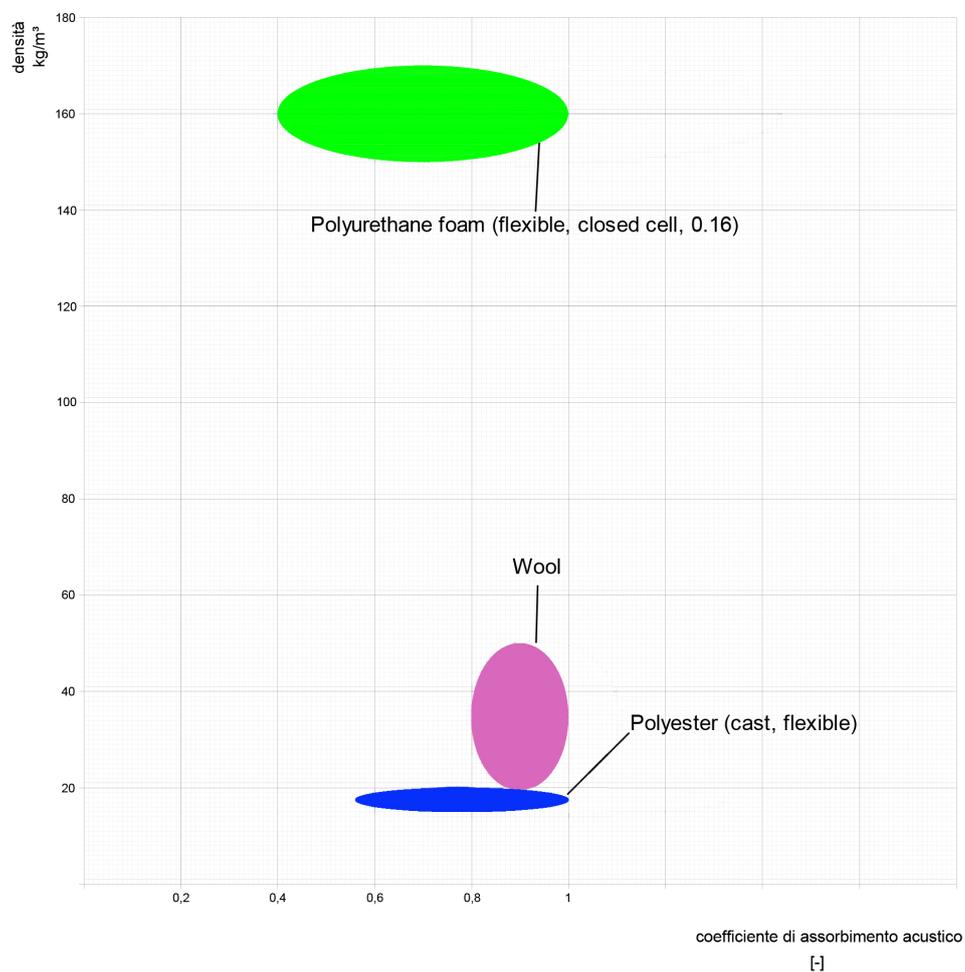
Dei materiali presi in esame per il lavoro di ricerca si è tenuto conto di cosa potrebbe accadere quando da risorsa viene considerato rifiuto. Il materiale può essere riciclato? È biodegradabile? Deve essere dismesso in discarica oppure può subire dei processi di trasformazione ma che possono peggiorare la qualità del prodotto? Per rispondere a queste domande si è preso in considerazione della composizione del materiale, in particolar modo della percentuale di polimeri contenuta.

Gli unici materiali che sono biodegradabili sono ovviamente la lana e il cotone poiché sono costituiti dal 100% da fibre naturali, invece è riciclabile solo la cellulosa acetata. Mentre tutti i materiali considerati sono smaltibili in discarica e possono subire dei processi di trasformazione che possono compromettere la qualità della materia prima secondaria prodotta.

Grafico 08

Densità e coefficiente di assorbimento acustico

Poiché i dati relativi alle caratteristiche acustiche non vengono fornite dal database del software CES, perciò per realizzare questo elaborato grafico si è dovuto ricorrere a software alternativi implementando con test di natura tecnica, specializzati in acustica.



La correlazione di queste caratteristiche servono per individuare la capacità da parte di un materiale di assorbire. Come si può osservare dal grafico non si sono riusciti a reperire le informazioni per tutti i

materiali considerati in precedenza ma solo per poliuretano³⁵ (in verde), lana³⁶ (in rosa) e poliestere³⁷ (in blu).

Il coefficiente di assorbimento acustico dei materiali è stato calcolato per un range di frequenza da 125 a 4000 Hz.

Il grafico mostra ancora una volta come il poliuretano può considerarsi il più performante rispetto agli altri materiali questo perché il coefficiente di assorbimento acustico rappresenta l'assorbimento totale dei suoni incidenti.

Questo coefficiente è strettamente connesso con lo spessore del materiale ecco perché si parla di un range di valori e non puntuale. La lana, rispetto al poliuretano e al poliestere, i quali hanno discrete proprietà fonoassorbenti come si evince dal grafico, sembra essere meno fonoassorbente ma ha del potenziale in quanto, se integrato con altri materiali, può migliorare le performance del pacchetto.

35 Coefficiente di assorbimento acustico della poliuretano estrapolata dalla scheda prodotto di *Akustik foam* di Noa.

36 Coefficiente di assorbimento acustico della lana: Alessandro Fassi, Laura Maina, *L'isolamento ecoefficiente. Guida all'uso dei materiali naturali*, Edizione Ambiente, 2009, p.95.

37 Coefficiente di assorbimento acustico della poliestere estrapolata dalla scheda prodotto di Fibra di poliestere di Fortlan-Dibi.

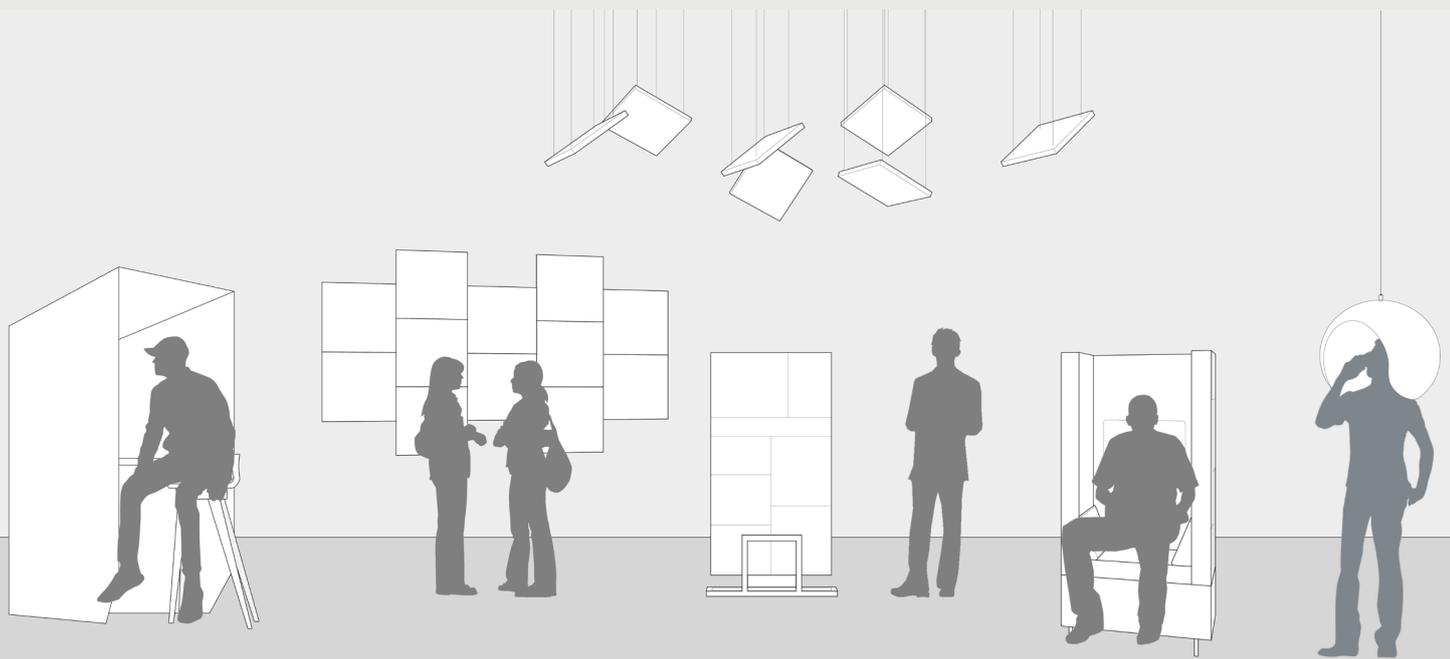
Considerazioni

L'utilizzo del software ha facilitato la comprensione della correlazione delle caratteristiche fisiche, chimiche e acustiche relative ai materiali presi in considerazione. Dagli elaborati grafici è emerso che la schiuma di poliuretano ha una buona capacità di isolare dal calore e assorbire il suono, è molto elastico e la sua composizione chimica consente di reagire lentamente al fuoco.

La lana è un materiale naturale che ha delle discrete performance di isolamento termico e assorbimento acustico ma può migliorare le prestazioni magari componendosi con un altro materiale.

Un caso simile è anche il poliestere che però si tratta di un materiale sintetico. Per la valutazione della sostenibilità dei materiali sono stati considerati parametri come la quantità di CO₂ prodotta, l'energia incorporata e quali possono essere le alternative del materiale una volta considerato rifiuto.

Grazie alla considerazione di questi parametri si è potuto fare una riflessione sul poliuretano. Nonostante questo sia un materiale molto performante, versatile, leggero e con buona resistenza al fuoco, dal punto di vista della sostenibilità ambientale risulta essere il peggiore fra tutti.



In seguito alla caratterizzazione dei materiali³⁸ di cui è costituito il rifiuto pre-consumo, eseguita tramite il software CES e grazie anche agli studi scientifici svolti, è stato possibile riflettere sulle qualità intrinseche dei materiali e sulle possibilità di applicazione in edilizia.

Per analogia agli studi considerati in questa ricerca di tesi, che verificano buone performance termiche e acustiche dei materiali di cui è composto il rifiuto, è stato possibile formulare delle ipotesi sull'impiego dello stesso per la produzione di prodotti fonoassorbenti, valutando gli spessori e le quantità opportune per potenziare le prestazioni.

Per prodotti fonoassorbenti si intende dei componenti d'arredo che siano versatili, confortevoli, funzionali ed efficienti. Per individuare le tipologie di prodotti è stato utile immaginare a degli ipotetici scenari di applicazione, degli ambienti comuni caratterizzati da un'elevata riverberazione interna cioè con un basso comfort acustico. L'individuazione di ambienti reali è stata indirizzata anche dalla normativa vigente poichè stabilisce i valori limite ammissibili per il contenimento dell'inquinamento acustico.

38 Per approfondimento vedere capitolo 3.

4.1 Normative per il comfort acustico

La progettazione degli ambienti deve tener conto di numerosi parametri per garantire il benessere dell'utente. Ad esempio, realizzare degli ambienti interni confortevoli acusticamente è ancora una prerogativa di pochi sebbene ci siano norme da rispettare.

Attualmente si fa riferimento al Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 15 dicembre del 1997 chiamato anche "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici". Dal 1966 però sono entrate in vigore una serie di leggi che sono state continuamente revisionate per migliorare i requisiti e per ottenere un'elevata prestazione acustica. Nello stesso anno il Ministero dei Lavori Pubblici elaborò la prima circolare che stabiliva i criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici nelle costruzioni edilizie per poi estendere i criteri anche agli edifici scolastici. Nel 1995 è entrata in vigore la Legge Quadro sull'inquinamento acustico. La legge del 26 ottobre del 1995, n°447 è stata la prima a fornire i principi fondamentali per la tutela dell'ambiente esterno e interno dall'inquinamento acustico. Inoltre, mette in luce le diverse tipologie di ambienti che possono essere soggetti all'inquinamento acustico.

Per inquinamento acustico si intende "*[...] l'introduzione di rumore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno tale da provocare fastidio o disturbo al riposo ed alle attività umane, pericolo per la salute umana, deterioramento degli ecosistemi, dei beni materiali, dei*

*monumenti, dell'ambiente abitativo o dell'ambiente esterno o tale da interferire con le legittime fruizioni degli ambienti stessi [...]*³⁹.

Il discomfort acustico è sempre generato da una sorgente le cui tipologie e le relative definizioni sono espresse nella legge quadro.

Tra le sorgenti fisse, vengono ricordate:

- gli impianti tecnici degli edifici
- altre installazioni unite agli immobili anche in via transitoria il cui uso produca emissioni sonore;
- le infrastrutture stradali, ferroviarie, aeroportuali, marittime, industriali, artigianali, commerciali ed agricole;
- gli impianti eolici;
- i parcheggi;
- le aree adibite a stabilimenti di movimentazione merci;
- i depositi dei mezzi di trasporto di persone e merci;
- le aree adibite ad attività sportive e ricreative.

Inoltre, una sorgente sonora per non causare discomfort acustico in un ambiente non deve superare dei valori limite che possono essere:

- valore limite di emissione;
- valore limite di immissione;
- valore limite di attenzione;
- valore di qualità;
- valore limite di immissione specifico.

Il rispetto di valori limiti viene verificato da una persona incaricata ed

³⁹ Legge quadro sull'inquinamento acustico n°447 del 1995 in "Definizioni, n°1.a.", pubblicato dalla Gazzetta Ufficiale 30 ottobre 1995, n° 254.

esperta che, nel caso in cui i valori verificati non rientrano in quelli limite allora ricorre ad una sanzione.

La Legge Quadro è stata modificata solo nel 2017 con il Dlgs. 42 del 17 Febbraio. Il Decreto in questione integra, modifica e riscrive alcuni punti per rendere la legge più aggiornata alle esigenze attuali.

Un altro documento che integra l'art. 3, comma 1, lettera e) della Legge Quadro sull'inquinamento acustico è il DPCM 15/12/1997. Il presente decreto determina “ [...] *i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici ed i requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti in opera, al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore.*”⁴⁰

Si tratta di un decreto da rispettare nella progettazione di edifici di nuova costruzione ma è possibile prenderlo in considerazione anche per gli edifici esistenti in cui vengono eseguiti cambi di destinazione d'uso e ristrutturazione. Questo documento definisce il concetto di ambiente interno come l'insieme di celle abitate, ognuna delle quali possiede delle potenziali sorgenti rumorose che possono disturbare gli ambienti vicini. È il primo decreto che da un'importante contributo in merito alla definizione dei criteri acustici per gli ambienti confinanti. Il decreto suddivide in categorie le principali destinazioni d'uso degli edifici come:

- categoria A

edifici adibiti a residenza o assimilabili;

40 Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 15 dicembre del 1995. Art.1 - Campo di applicazione. Pubblicato in G.U. Serie generale n. 297 del 22 dicembre 1997.

- categoria B

edifici adibiti ad uffici e assimilabili;

- categoria C

edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili;

- categoria D

edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili;

- categoria E

edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili;

- categoria F

edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili;

- categoria G:

edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili;

e ad ogni categoria vengono attribuiti dei parametri come il tempo di riverbero e dei valori limite da rispettare per ogni categoria⁴¹ a cui appartiene l'ambiente considerato.

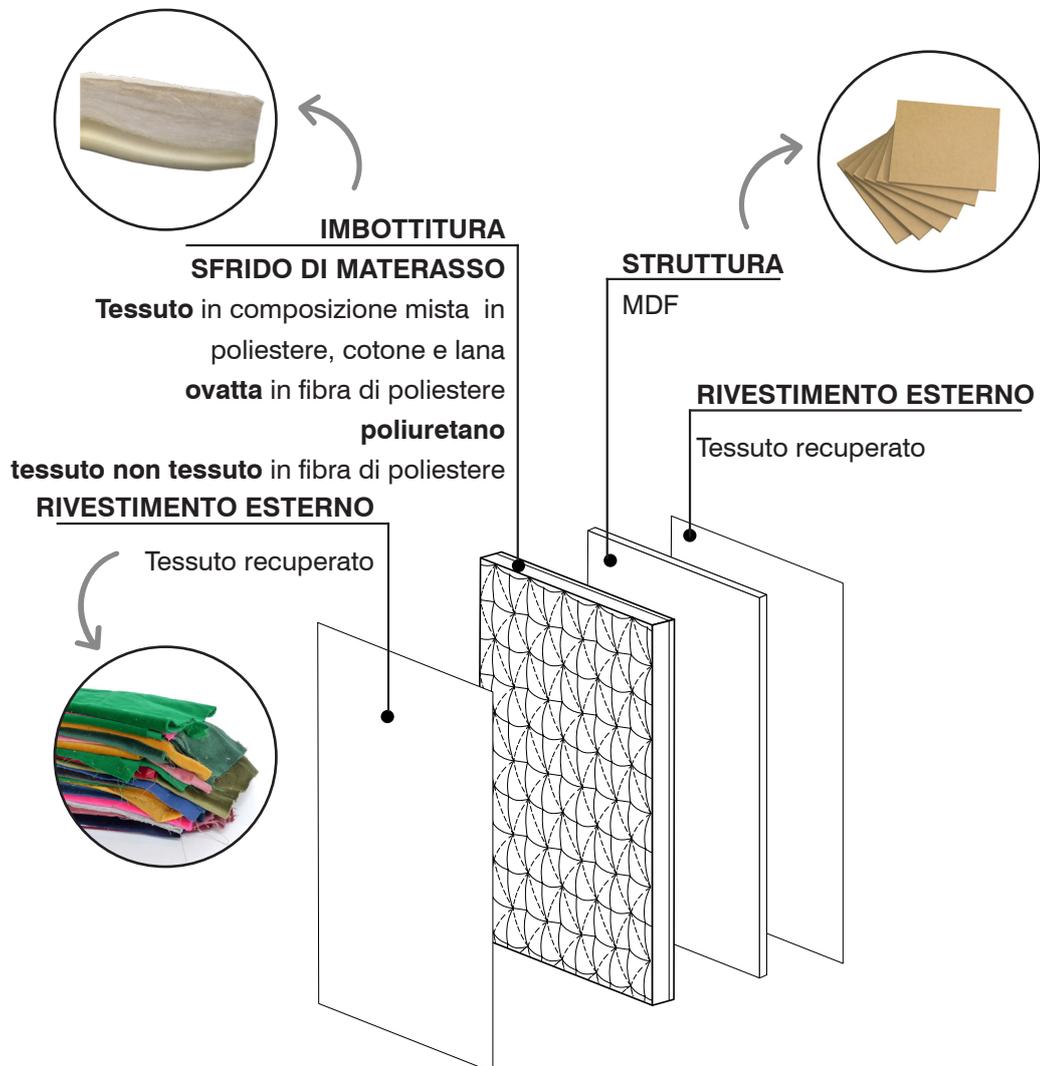
Il Decreto, inoltre, afferma che per rispettare i requisiti acustici passivi anche in opera, non è sufficiente esibire certificati di laboratorio e le consuete relazioni di calcolo, è necessario e obbligatorio condurre dei test fonometrici da un tecnico esperto in acustica ambientale, incaricato e iscritto alla lista provinciale e regionale.

Fa riferimento alle destinazioni d'uso degli ambienti anche la norma UNI 11532-1:2018 "Caratteristiche acustiche interne di ambienti

⁴¹ Per approfondimento Tabella B - Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici. Tabella del Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 15 dicembre del 1995. Pubblicato in G.U. Serie generale n. 297 del 22 dicembre 1997.

confinati – Metodi di progettazione e tecniche di valutazione – Parte 1: Requisiti generali”. Questa norma nasce per fornire gli strumenti utili ai fini della progettazione acustica di ambienti interni comuni come scuole, uffici, ristoranti. Sono esclusi da questa norma tutti gli ambienti che richiedono una tipo di progettazione dedicata come luoghi di culto, sala di registrazione, teatri e cinema. La norma UNI 11532-1, per ogni classe di destinazione d’uso vengono illustrati gli obiettivi da raggiungere, dei metodi di calcolo per fare delle previsioni sulle performance acustiche e dei metodi di verifica.

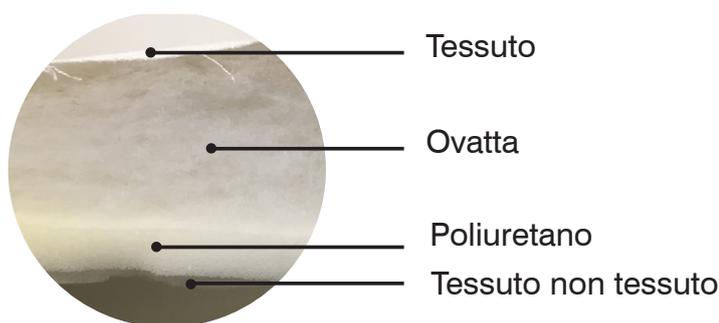
4.2 Il concept



L'idea di partenza per la realizzazione dei prodotti fonoassorbenti è quella di utilizzare materiali di scarto che siano idonei all'impiego. L'immagine mostra una stratigrafia tipo di un pannello generico. In generale, si compone di una struttura, un'imbottitura e di un rivestimento esterno.

Partendo dall'anima di un pannello, la struttura ha la funzione di sostegno dei materiali di cui è composto e conferisce stabilità e rigidità al prodotto. Queste qualità sono principalmente legate al materiale che verrà utilizzato. Delle prime ipotesi sono state fatte sul legno o simili come MDF, scelto perché è un materiale con buone proprietà termiche e acustiche, ed è soprattutto riciclabile, riusabile e sostenibile.

L'anima morbida dalle proprietà fonoassorbenti è data dal reimpiego dello scarto del rivestimento del materasso, oggetto della ricerca. La tipologia di sfrido che risulta non recuperabile per l'azienda è costituito da:

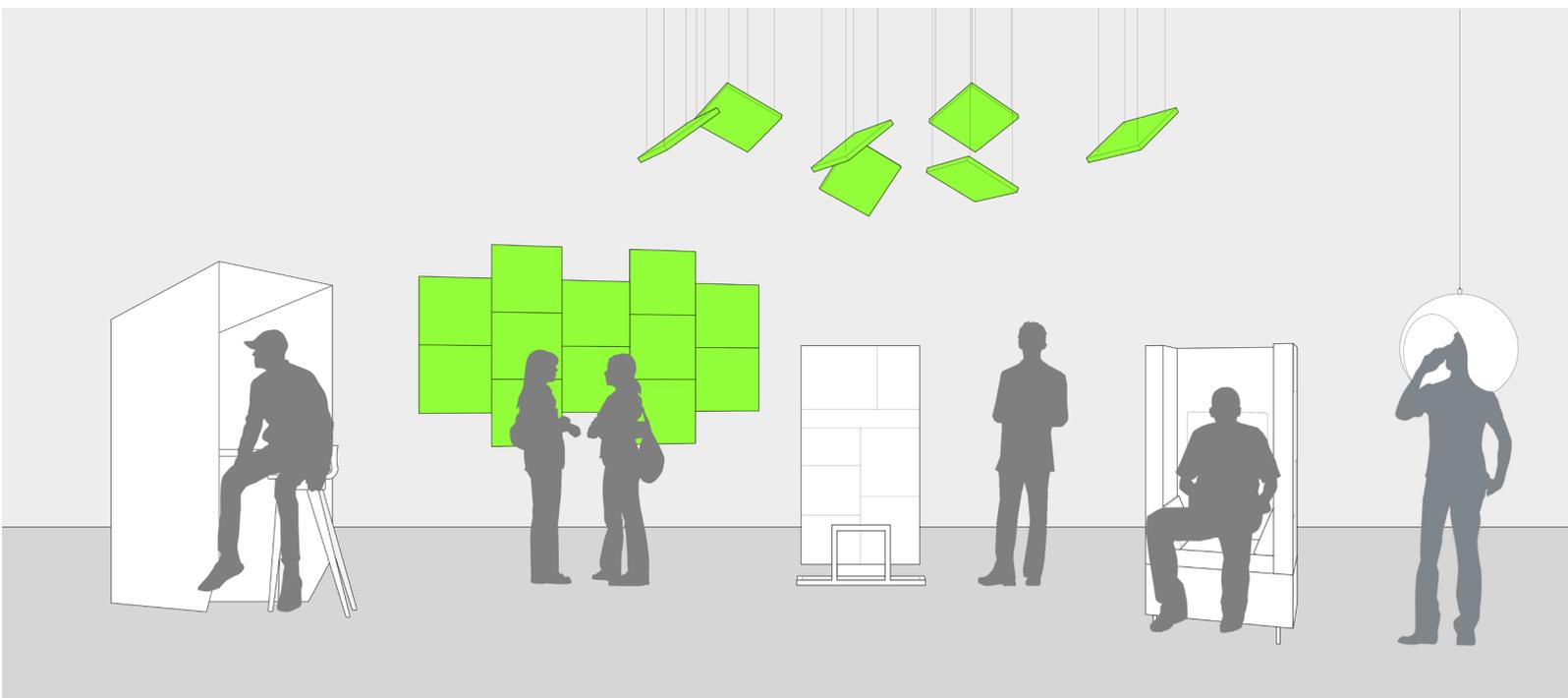


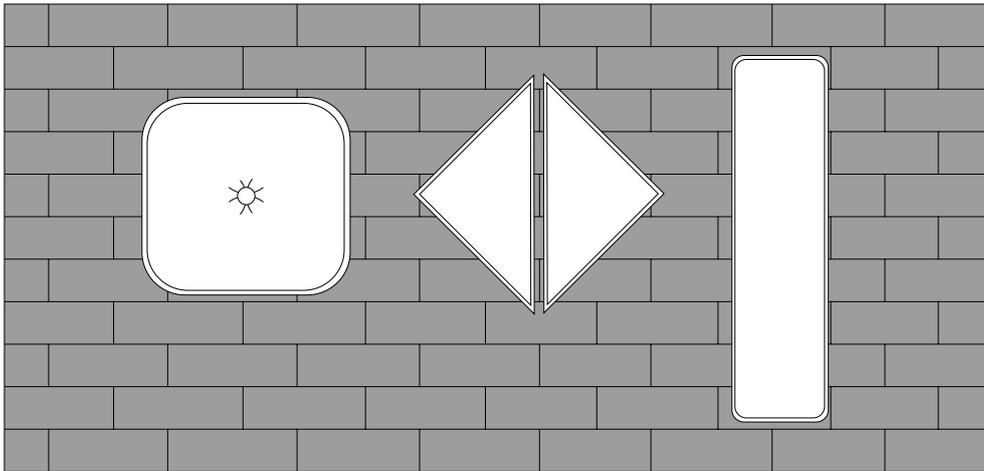
Il rivestimento ha la funzione di finitura e di protezione del contenuto del pannello da agenti esterni e polvere. Poiché la premessa del progetto è quella di realizzare un prodotto interamente con materiale recuperato, si propone quindi di realizzare il rivestimento con sfridi di tessuto recuperati da aziende che operano nel settore tessile o anche da esercizi commerciali che spesso si ritrovano ad avere numerosi sfridi che non possono vendere a causa delle loro dimensioni troppo piccole per la vendita.

In relazione alle informazioni raccolte, a quanto viene stabilito dalla norma vigente e in seguito alle ipotesi formulate si è giunti all'identificazione di possibili scenari di applicazione. Queste proposte interessano la progettazione di elementi d'arredo funzionali e diversi a seconda della destinazione d'uso dell'ambiente considerato. I prodotti fonoassorbenti proposti, nascono per soddisfare esigenze diverse come assorbire il riverbero di un ambiente o il rumore provocato da alcune attività.

4.3 Scenari proposti

Il pannello

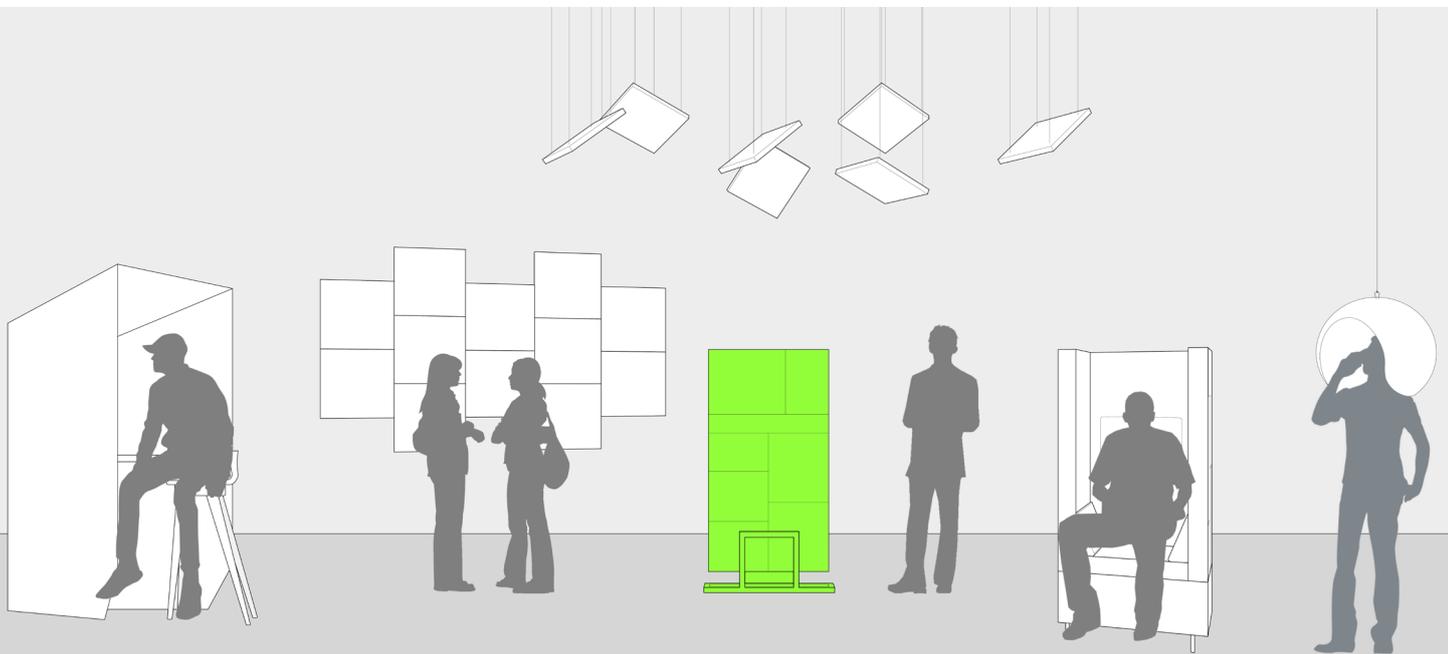


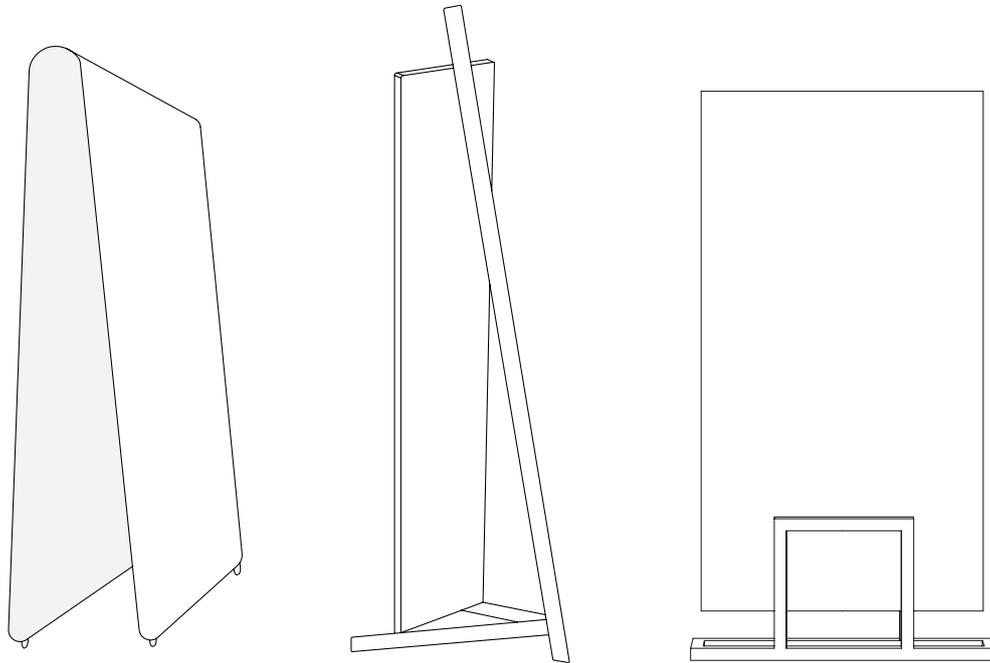


L'applicazione più comunemente utilizzata è il pannello a parete. Attualmente esistono numerose tipologie che differiscono per dimensioni, materiali, modalità di applicazione e design. Le dimensioni possono essere diverse ma utilizzare delle forme semplici come il quadrato consente di avere minor scarto di materiale rispetto a pannelli di forma tonda o simili.

Le modalità possono essere diverse e studiate in base all'ambiente in cui dovranno essere installati. Il pannello può essere posizionato a parete grazie al supporto di tasselli con finale a "L" installati alla parete di supporto. Un altro metodo può essere l'utilizzo del velcro da parete. La stessa tipologia di pannello può essere predisposta per l'installazione a soffitto che è possibile grazie a dei sostegni regolabili. L'inclinazione del pannello può essere regolata così da migliorare l'assorbimento dell'onda sonora incidente.

Il divisorio mobile



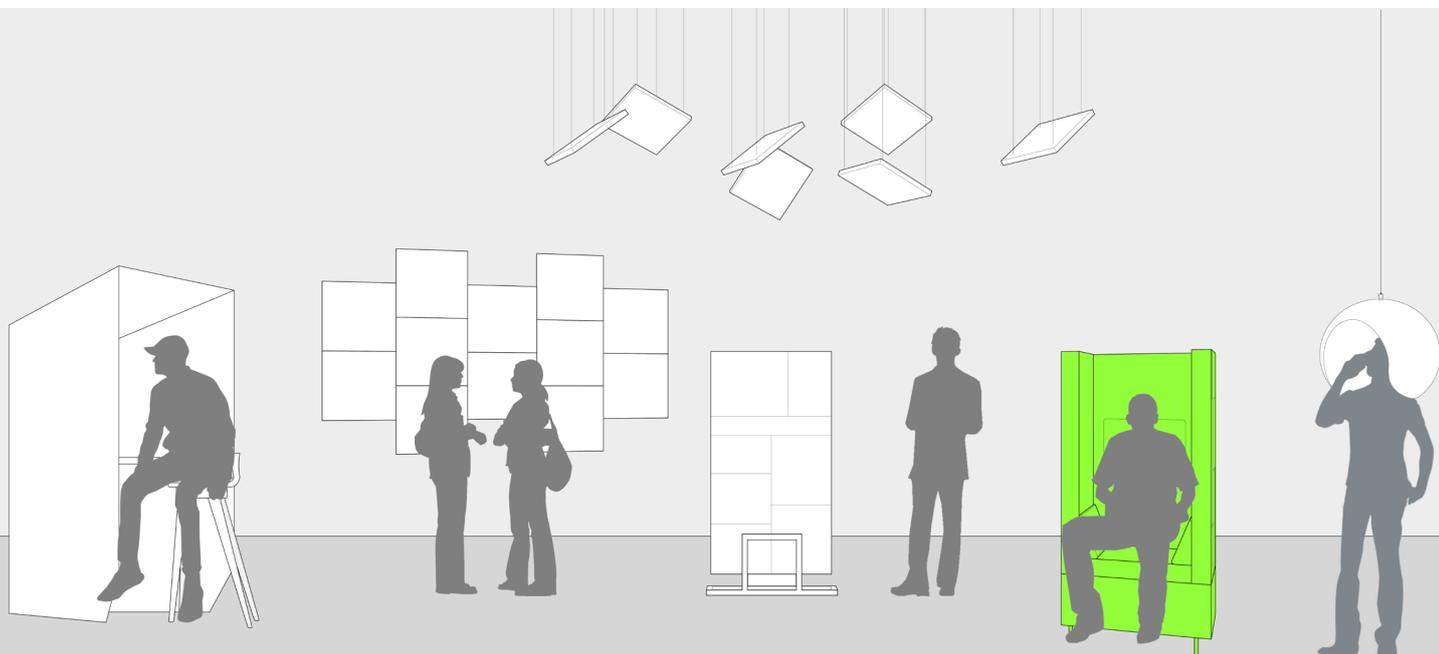


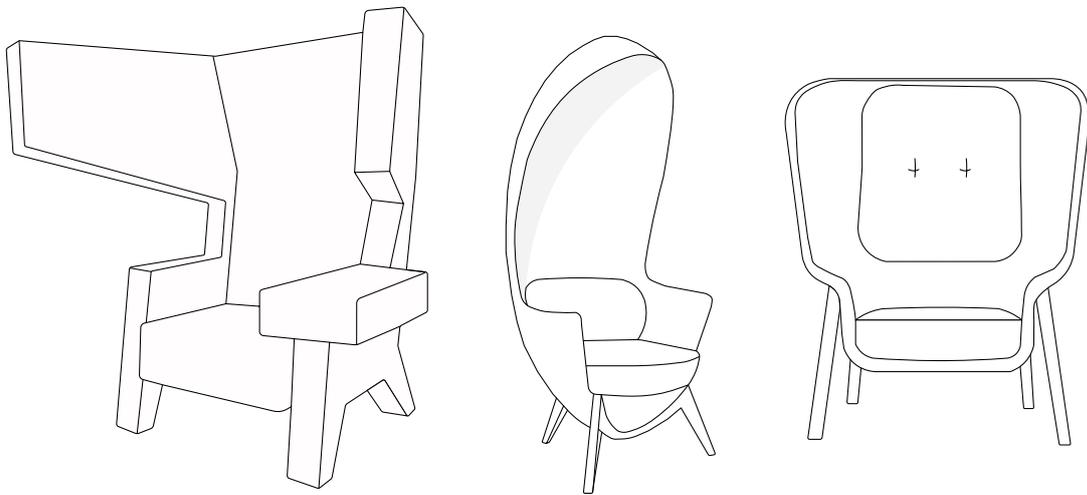
Il pannello modulare può essere anche riproposto come parete divisoria mobile. Anche per questo prodotto sono realizzabili diverse soluzioni così da renderlo non solo un elemento funzionale ma anche di design.

Il pannello nasce per migliorare il comfort acustico negli ambienti *open space* come gli uffici. È un elemento mobile che consente una separazione visiva e acustica degli ambienti, garantendone una maggiore versatilità degli spazi.

Il supporto ha la funzione di mantenere verticali gli strati di cui è composto il pannello, sostenuto da una base che conferisce maggiore stabilità evitando così le oscillazioni dovute agli spostamenti d'aria.

Poltrona *Think Tank*

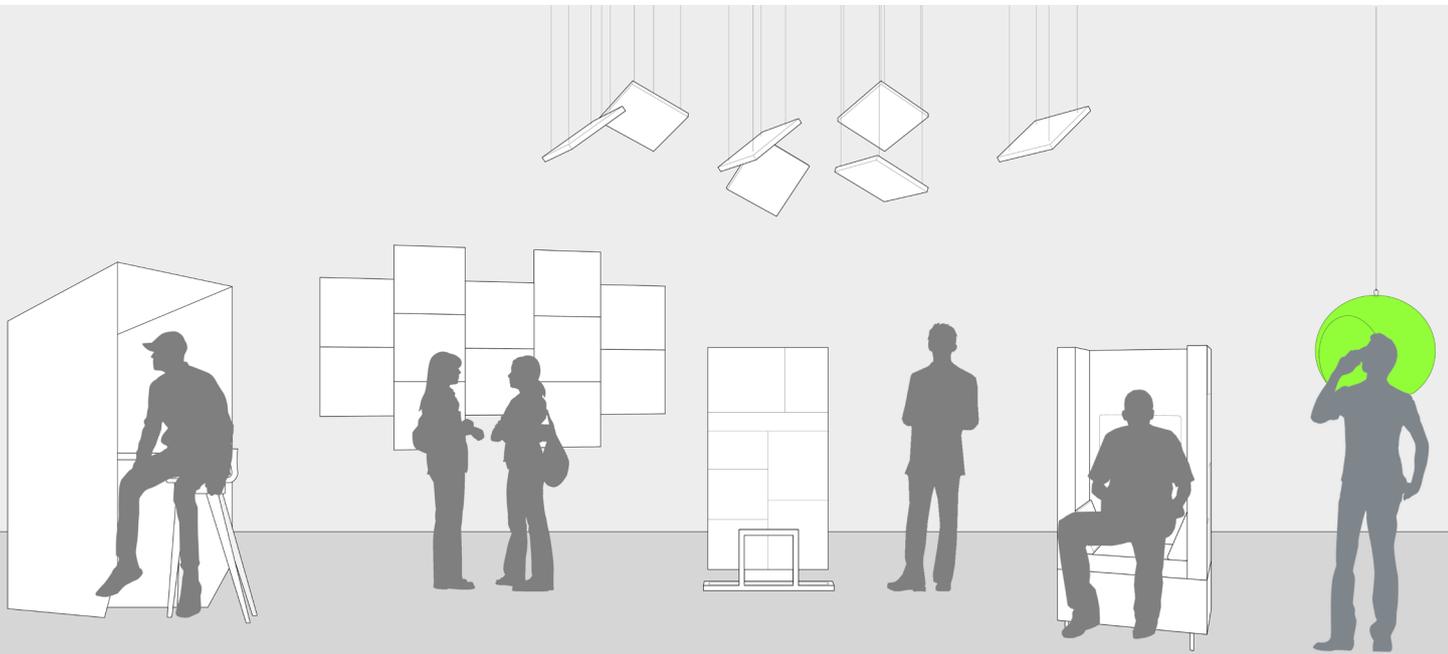


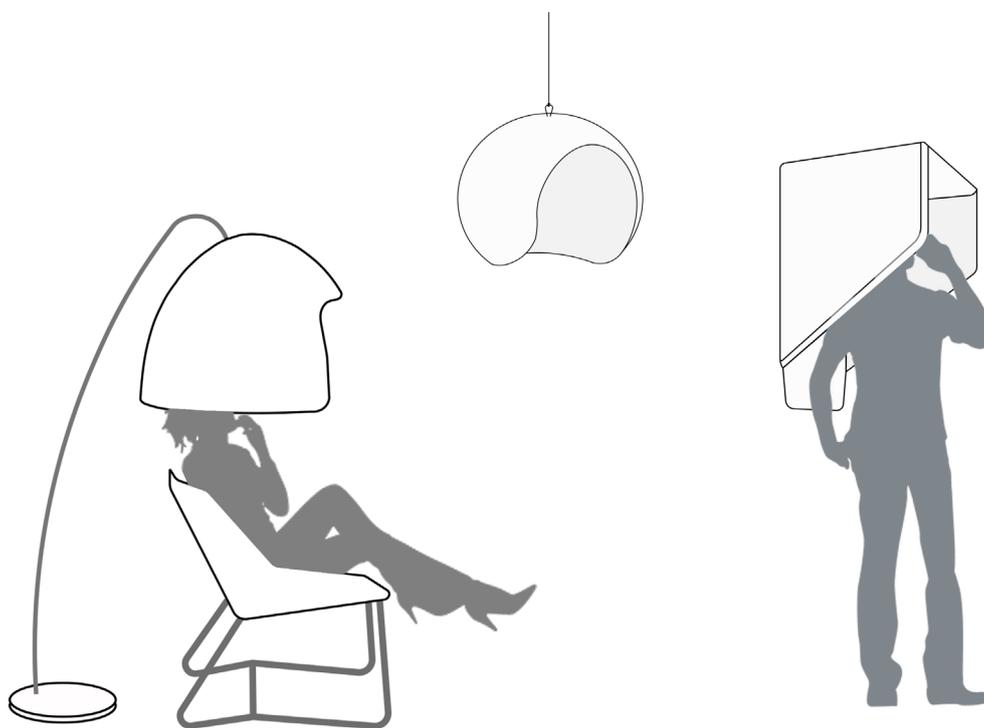


Un ulteriore possibile impiego per lo sfrido del materasso sarebbe utilizzarlo come imbottitura di poltrone e divani fonoassorbenti. Anche questa tipologia di prodotto è spesso utilizzata negli *smart office* come delle postazioni *think tank*. Il termine “*think tank*” significa letteralmente “serbatoio di pensiero”, quindi si intende un luogo in cui è possibile isolarsi e concentrarsi.

Queste poltrone sono pensate come postazioni in cui è possibile svolgere delle attività che richiedono concentrazione o che provocano disturbo. I laterali della poltrona sono appositamente più alti rispetto alle comuni sedute in modo da creare una barriera visiva e sonora. Questa soluzione impedisce la dispersione del suono nell’ambiente e di assorbire le onde sonore incidenti, così da migliorare l’assorbimento acustico e favorire la concentrazione di chi ne usufruisce.

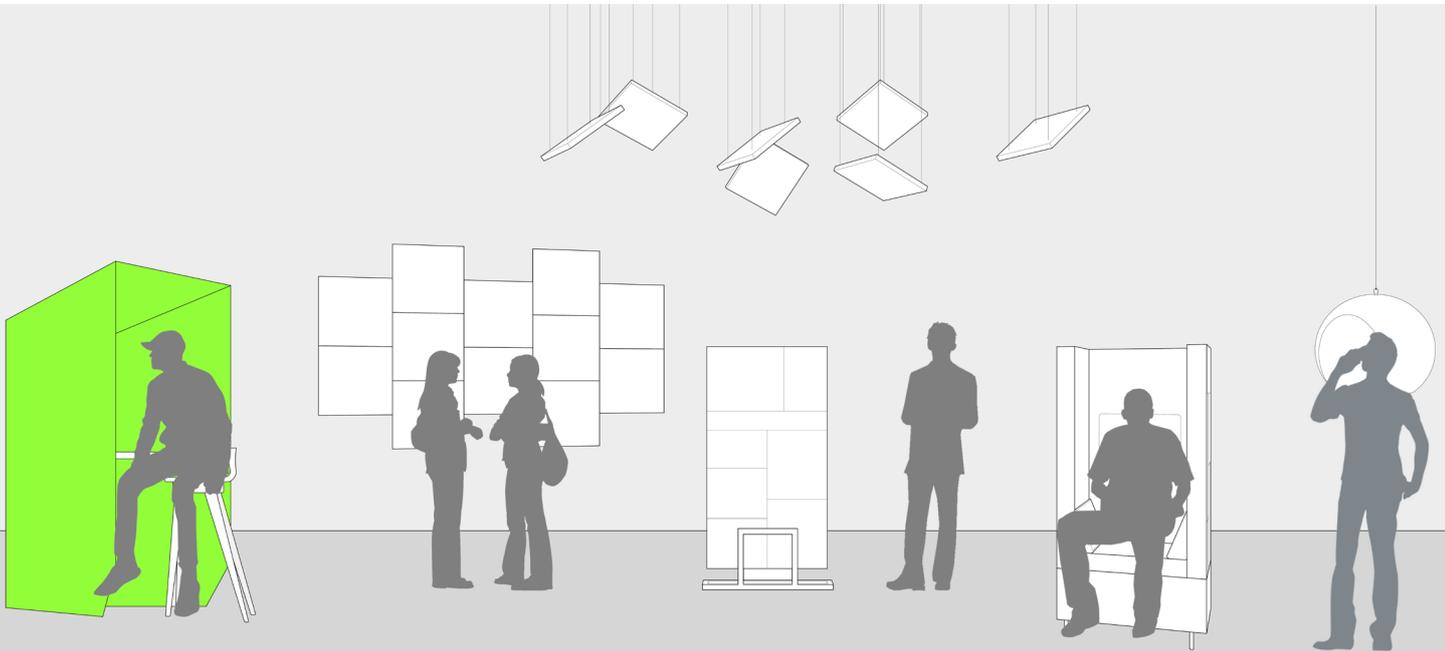
Phone booth

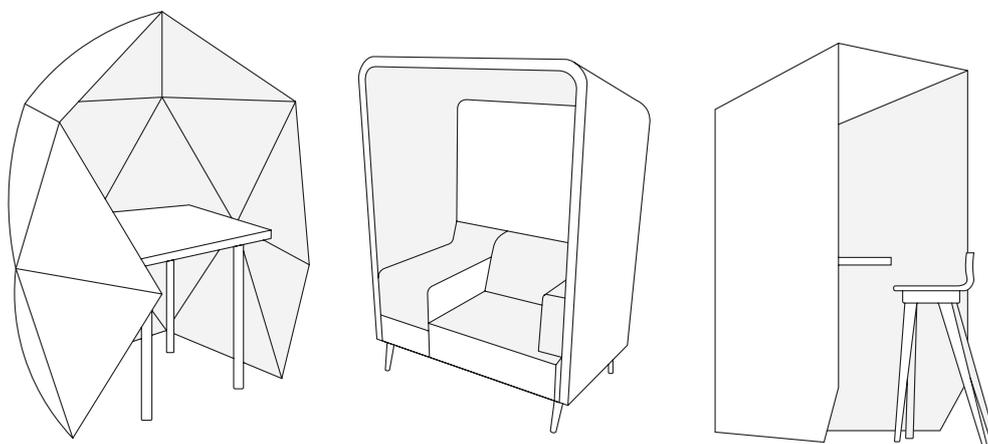




Lo sfrido di materasso può essere impiegato per la realizzazione di *phone booth*. Si tratta di cabine telefoniche in cui è possibile effettuare telefonate ed essere riparati acusticamente e visivamente in modo da essere concentrati e isolati così da non disturbare il normale svolgimento delle attività svolte da terzi. Queste trovano collocazione specialmente in ambienti *open space* poiché non sono presenti delle postazioni specifiche in cui svolgere questo determinato tipo di azioni.

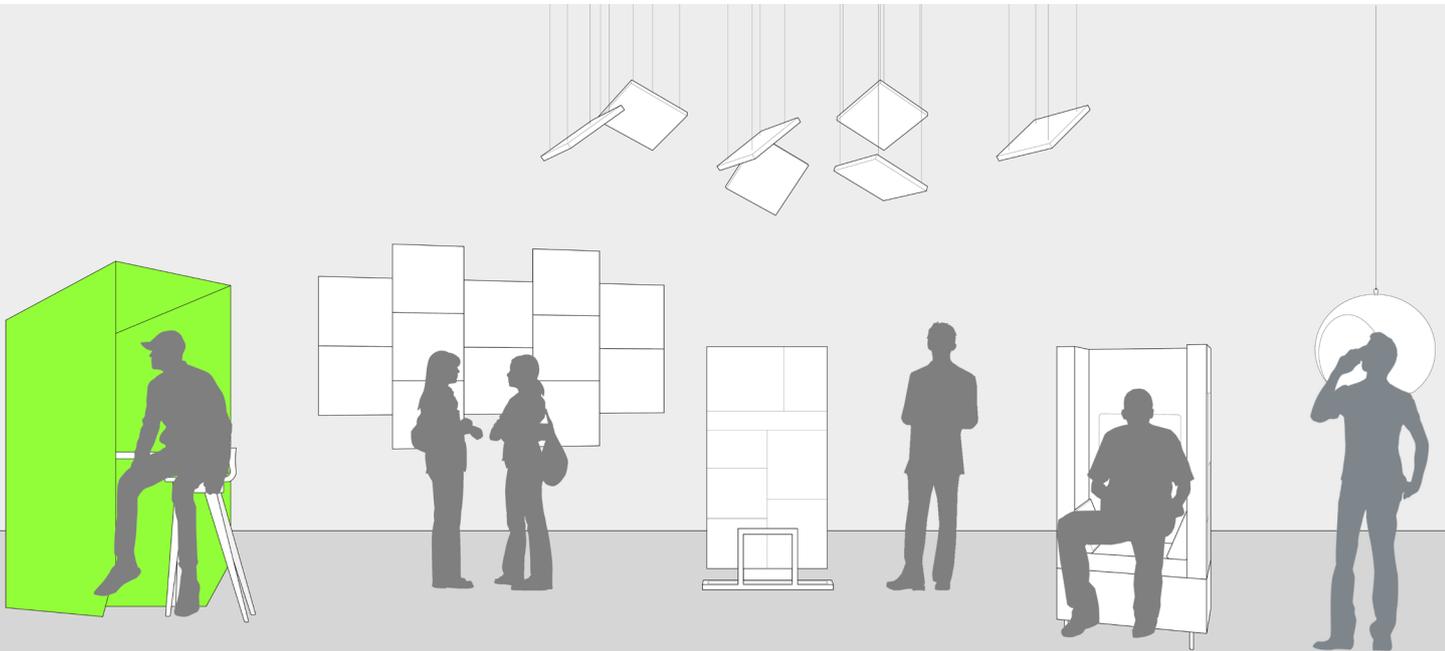
Focus area

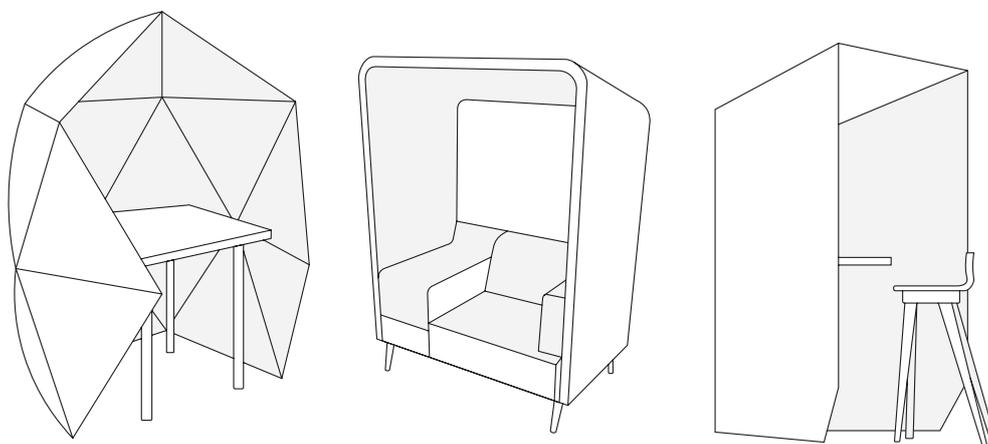




È possibile realizzare dei piccoli spazi mobili che permettono di isolarsi visivamente e acusticamente dall'ambiente rumoroso circostante, soprattutto in ambienti *open space*. Possono essere utilizzati in uffici o altri luoghi più affollati e di comune uso come aeroporti o stazioni in modo da dedicare un piccolo spazio dove potersi concentrare.

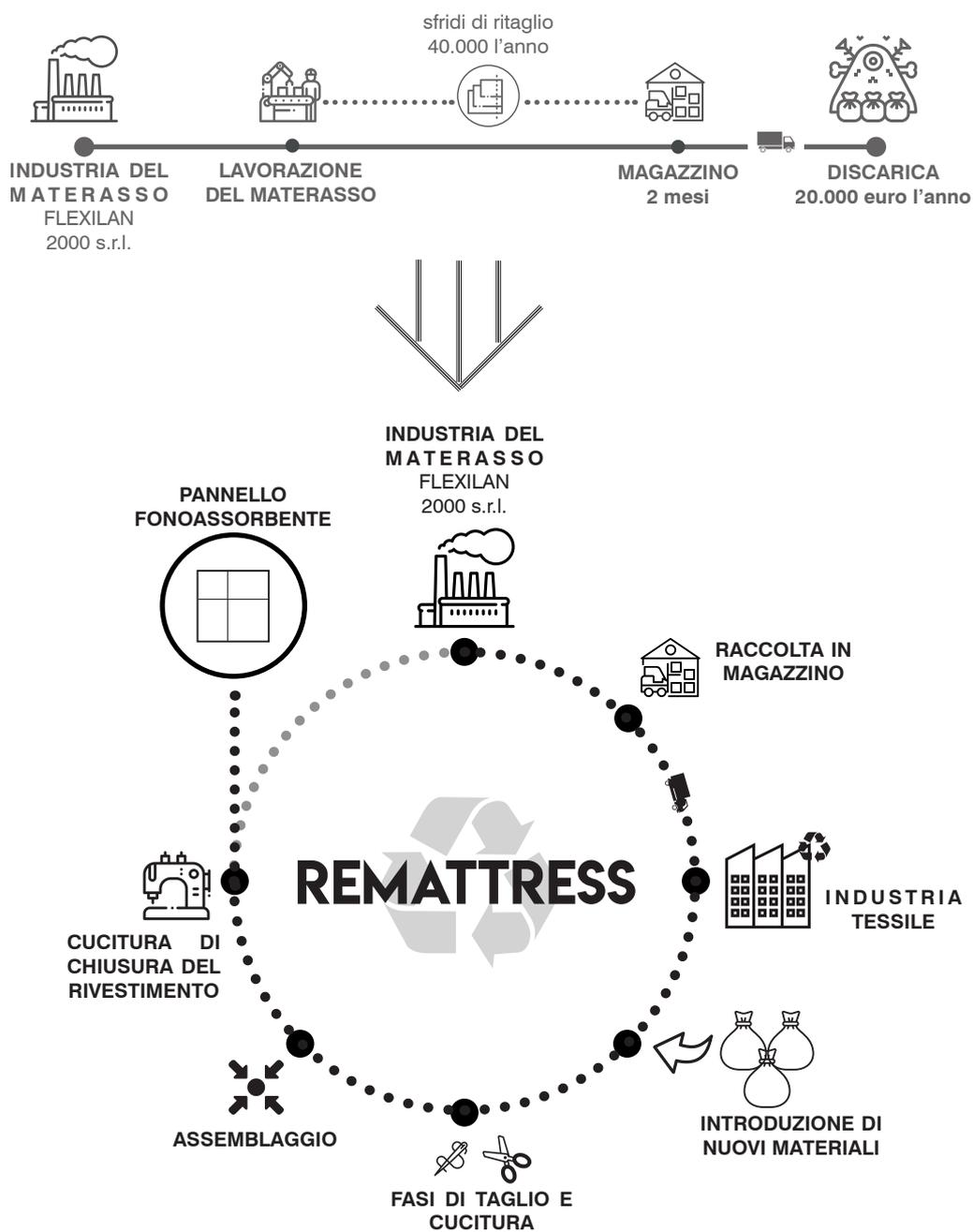
Focus area





È possibile realizzare dei piccoli spazi mobili che permettono di isolarsi visivamente e acusticamente dall'ambiente rumoroso circostante, soprattutto in ambienti *open space*. Possono essere utilizzati in uffici o altri luoghi più affollati e di comune uso come aeroporti o stazioni in modo da dedicare un piccolo spazio dove potersi concentrare.

4.3 Il progetto di filiera



L'obiettivo di questa ricerca è quello di modificare l'attuale processo di produzione del materasso da lineare a circolare. Attualmente, come è stato già approfondito nei capitoli precedenti³⁸, l'azienda produttrice di materassi trasporta in discarica gli sfridi prodotti durante la fase di ritaglio del rivestimento dopo averli raccolti in magazzino per circa due mesi, quasi 40.000 l'anno.

Secondo quanto progettato, i nuovi prodotti proposti consentono di evitare l'utilizzo della discarica grazie al totale reimpiego dello scarto così come questo si presenta. Lo schema del progetto di filiera diventa circolare perché presta più attenzione alla sostenibilità del prodotto. Tutte le lavorazioni che sono necessarie per la realizzazione dei prodotti fonoassorbenti non emettono sostanze inquinanti in ambiente. I materiali introdotti, oltre agli sfridi, saranno reimpiegati, riciclabili e naturali. I prodotti fonoassorbenti, una volta concluso il loro ciclo di vita, potranno essere riciclati o reimpiegati poiché non verranno utilizzati collanti che possono compromettere la scomposizione degli strati di cui sono costituiti.

38 Per approfondimento Capitolo 1, p. 37.

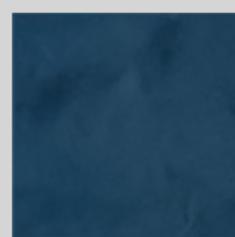


Foto inserimento. Render di una sala di un ristorante di Arper per la collezione dei pannelli Parentesis.

La ricerca prosegue nella sperimentazione e nella costruzione di un pannello. La scelta di realizzare la tipologia a parete, e non uno tra i prodotti descritti nel capitolo precedente, è stata dettata dalla valutazione della mano d'opera necessaria. Il pannello è pressoché il punto di partenza per realizzare altri prodotti fonoassorbenti.

Le soluzioni che sono state adottate per la realizzazione del prototipo sono servite per intraprendere uno studio di fattibilità. Il lavoro è stato eseguito manualmente e con materiali *low-cost* e in parte recuperati. Durante la progettazione è stato fondamentale stabilire dei criteri per ottimizzare la realizzazione del prodotto:

- definire una tecnica semplificata in modo da accelerare i tempi di realizzazione,
- reimpiegare tutti i materiali necessari alla realizzazione del pannello,
- disassemblabilità.

È fondamentale fare una premessa, il pannello è stato costruito secondo quanto progettato e pensato, affrontando superficialmente il design che, invece, potrebbe essere approfondito per un ipotetico lancio sul mercato.

5.1 Il processo di realizzazione

Il processo di realizzazione ha avuto inizio con il reperimento del materiale necessario per costruire il pannello. Successivamente è stato indispensabile separare i materiali differenziandoli a seconda del loro impiego così da organizzare il lavoro e ottimizzare i tempi. Il lavoro è stato svolto per fasi le quali richiedevano abilità tecniche di cucitura. Per questo motivo il lavoro è stato affidato a mani esperte che, oltre ad eseguire il pannello, hanno saputo dare consigli preziosi. Tutto il procedimento si articola in tre fasi per la realizzazione dei semilavorati che ricordiamo essere:

- anima rigida in MDF;
- anima morbida in sfrido di materasso costituito da tessuto misto in cotone, poliestere e lana; ovatta in fibra di poliestere; poliuretano e tessuto non tessuto in poliestere;
- rivestimento in tessuto misto reimpiegato.

Dopo la loro realizzazione, sono stati assemblati in modo da verificare che le fasi di tagliato e cucito son state eseguite nel modo corretto. Per concludere il pannello è bastato cucire l'ultimo lato del rivestimento, come è stato sintetizzato nello schema.

Nello specifico, ogni elemento rappresenta una fase della catena di montaggio di cui è fondamentale descrivere ogni passaggio.



Lo schema vuole rappresentare sinteticamente i principali passaggi che hanno caratterizzato il processo di realizzazione del prototipo. Le macrofasi fanno riferimento ai tre elementi che costituiscono il pannello, in particolar modo, alle lavorazioni che questi subiscono. Dopo aver preparato i tre semilavorati, vengono assemblati e viene chiuso il rivestimento esterno in tessuto. Ogni fase eseguita viene illustrata e documentata qui di seguito.



ANIMA RIGIDA

Per conferire maggiore rigidità del pannello fonoassorbente, è indispensabile una struttura di sostegno. Per la costruzione del pannello si è pensata una struttura in legno, nello specifico, è stato utilizzato un foglio di MDF di spessore 2 cm e di dimensioni 40 cm x 40 cm. Le dimensioni del pannello e il materiale, sono state scelte in relazione a quanto progettato e soprattutto alla disponibilità di materiale del laboratorio di falegnameria dell'Arch. Giorgio Ceste di FWstudio. Si è scelto di utilizzare il legno e non un altro materiale, come ad esempio l'alluminio, perchè si tratta di un materiale sostenibile, con buone proprietà termiche e acustiche, naturale e riciclabile. Oltre alle proprietà intrinseche del materiale, la scelta è stata influenzata dal fatto che l'MDF è un materiale facile da reperire, da lavorare e da reimpiegare. In questo caso non è stata necessaria nessun tipo di lavorazione poichè si è scelto un pannello di rimanenza in deposito. In altri casi invece, se le dimensioni non sono quelle richieste è possibile eseguire il taglio tramite attrezzature idonee come seghe circolari e seghetto.



MDF dimensioni 2 x 40 x 40 cm

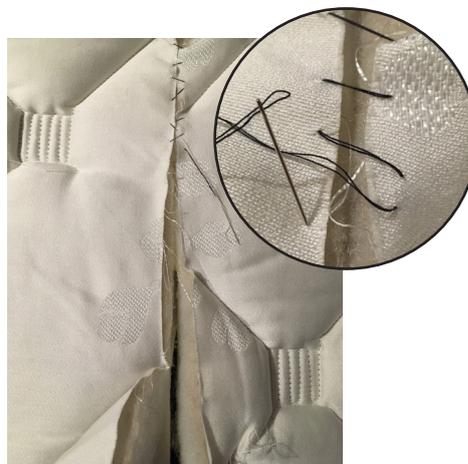


ANIMA MORBIDA

Per l'anima morbida o imbottitura del pannello, sono stati utilizzati gli sfridi di materasso recuperati dall'azienda Flexilan 2000 s.r.l.. Considerate che le dimensioni degli scarti sono diverse e ridotte, è stato scelto di utilizzare per la base in MDF di 40 x 40 cm una fascia larga 19,5 cm e lunga 70 cm. Dallo stesso fascia di sfrido è stato possibile ricavare due ritagli di dimensioni 19,5 cm x 20 cm. Dopo aver eseguito le misure e il taglio, i due elementi sono stati cuciti fra di loro per rendere più semplice la fase di assemblaggio degli elementi, ottenendo così superficie unica. La cucitura è stata eseguita a mano e a filo lento così da facilitare lo smontaggio a fine vita del prodotto.



Fase di cucitura degli sfridi di materasso
Foto di Gabriella Fuzio.





RIVESTIMENTO

I tessuti per il rivestimento esterno sono stati acquistati e non recuperati da aziende o esercizi commerciali come invece è stato detto in precedenza, per accelerare i tempi di realizzazione del pannello. Si tratta di tessuti di giacenza di varie dimensioni, colori e composizione scelti per essere adatti all'impiego cioè di manifattura spesso simile a quella utilizzata per i rivestimenti di poltrone o cuscini d'arredo.

I 4 tipi di tessuto sono stati tagliati solo dopo aver eseguito diverse prove per scegliere il giusto accostamento cromatico. Eseguito il taglio, i vari pezzi sono stati cuciti fra di loro con una comune cucitrice. Per facilitare la cucitura, gli sfridi sono stati uniti fra di loro per realizzare le due facce di rivestimento del pannello.



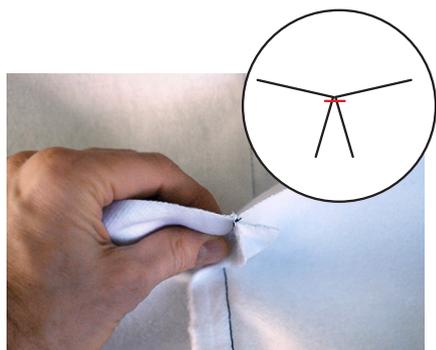
Taglio del tessuto con forbici di sartoria



Cucitura del tessuto con cucitrice

Dopo aver ottenuto le due superfici, vengono poi cucite fra di loro su tre lati al contrario, con cucitrice eseguendo un tipo di cucitura standard. Questo tipo di cucitura è molto usata per chiudere oggetti con imbottitura e permette anche di avere una migliore finitura del

pannello. Il filo che chiude le due facce dei tessuti viene nascosto all'interno insieme ai bordi non rifiniti degli sfridi di tessuto. Ad una delle due facce del rivestimento è stato cucito del velcro da tappezzeria in modo da poter verificare il sistema di applicazione a parete.



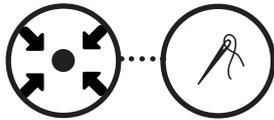
Esempio di cucitura standard.
Fonte www.peroni.it



Rivestimento cucito solo per tre lati. Il quarto rimane aperto per poter inserire gli altri materiali all'interno.



Cucitura del velcro sul tessuto con cucitrice



ASSEMBLAGGIO E CHIUSURA

Realizzati i semilavorati, vengono posizionati sul pannello per verificare se il lavoro è stato eseguito nel modo corretto così da poter procedere con la chiusura del rivestimento.



Assemblaggio dei materiali
Foto di Gabriella Fuzio.

Durante la fase di assemblaggio dei materiali non vengono utilizzati collanti. Questa scelta è stata pensata per facilitare la dismissione a fine vita del pannello. La fase di incollaggio si ritiene un passaggio non necessario considerato che gli strati del pannello rimangono fermi se la cucitura di chiusura viene eseguita nel modo corretto. Il

montaggio avviene una volta che i tre lati del rivestimento sono stati cuciti. Lasciando aperto un solo lato è possibile introdurre il pannello in MDF e gli sfridi di materasso all'interno. Questa fase è molto delicata poichè il tessuto è stato cucito in modo da essere aderente così da tener ferma l'imbottitura sul pannello. La struttura rigida, in seguito al taglio, possiede angoli vivi che potrebbero rovinare il rivestimento se si eccede nel renderlo troppo aderente. Dopo essere riusciti ad inserire i materiali, è stato possibile chiudere l'ultimo lato del rivestimento con una cucitura semplice eseguita a mano.

5.2 Valutazioni delle performance acustiche: intervista all'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRiM)

La realizzazione del pannello, inoltre, è stata utile per fare delle valutazioni sulle possibili performance acustiche. A tal proposito, è stato fondamentale l'aiuto dell'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRiM) di Torino, in particolar modo del ricercatore Alessandro Schiavi, esperto in acustica.

A seguito di un'intervista e di un'analisi visiva sugli sfridi del materasso, costituenti l'anima morbida del pannello, e del pannello nel suo insieme, è emerso quanto segue:

- i materiali con cui è realizzato il pannello sono di tipo poroso;
- i materiali porosi, in particolare quelli con porosità disposte in direzione diversa da quella del flusso, hanno maggiore capacità di assorbimento acustico rispetto a quelli con pori paralleli. Le fibre di poliestere dell'ovatta e la schiuma di poliuretano del multistrato hanno tale caratteristica;
- la resistività al flusso di un pannello fonoassorbente non è data dalla semplice sommatoria dei singoli strati che lo compongono, pertanto sarebbe necessario effettuare specifiche verifiche sperimentali.

La misura delle prestazioni di fonoassorbimento può essere effettuata secondo tre modalità:

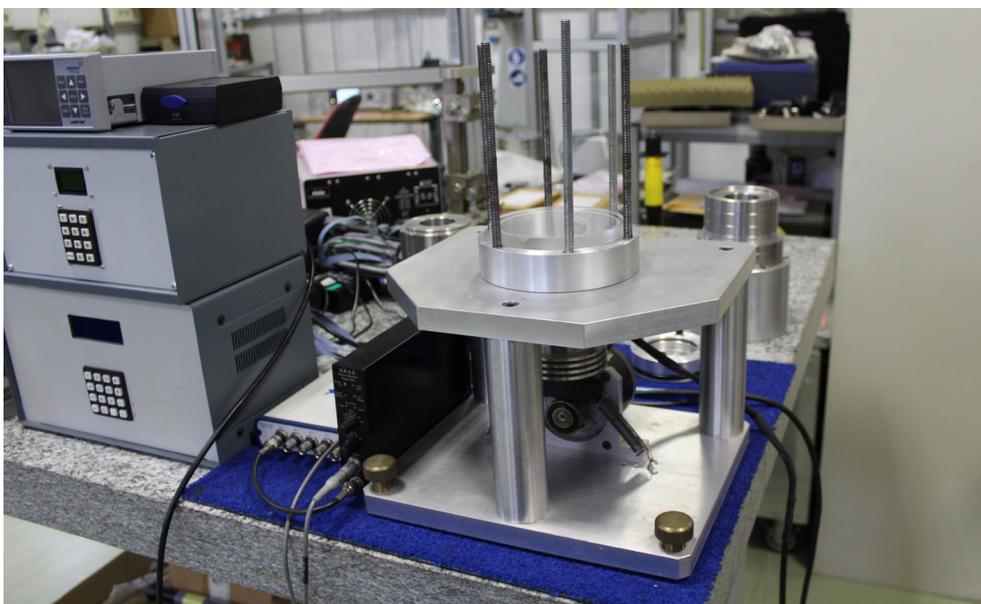
- misura della resistività al flusso dei singoli materiali, attraverso

l'utilizzo di uno strumento progettato e realizzato all'INRIM,

- misura del coefficiente di assorbimento acustico da incidenza normale (onda acustica ortogonale alla superficie), attraverso l'utilizzo del tubo di Kundt,
- misura del coefficiente di assorbimento acustico da incidenza casuale (onda acustica da tutte le direzioni) in camera riverberante.

Misura della resistività al flusso

Per resistività al flusso si intende l'attitudine di un mezzo poroso a lasciarsi attraversare da un flusso d'aria e si esprime come il rapporto tra la differenza di pressione continua applicata sulla superficie del materiale poroso e il prodotto tra la velocità del flusso d'aria che lo attraversa e lo spessore del materiale³⁹. Le procedure per la verifica in laboratorio della resistività al flusso sono riportati nella norma ISO 9053, possono essere di due tipi, da utilizzare a seconda del flusso d'aria che può essere stazionario o alternato. Queste misure si avvalgono di attrezzature specifiche come quello l'apparato di misura progettato e realizzato dall'INRiM, riportato in figura.



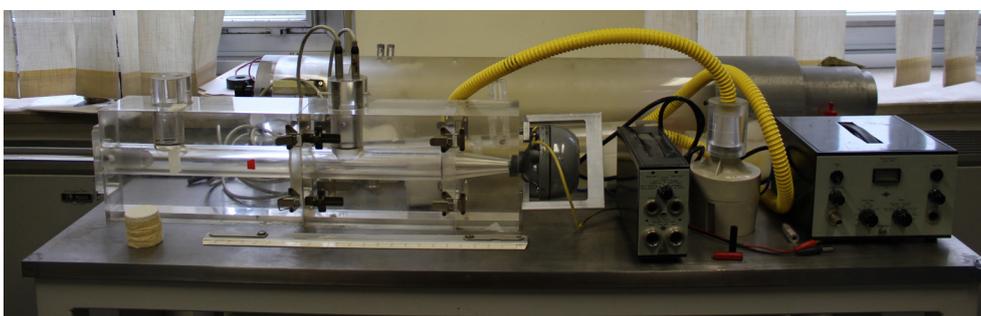
Apparato di misura per il calcolo della resistività al flusso progettato e realizzato dall'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRiM).
Foto di Gabriella Fuzio.

³⁹ $R = \Delta p / dv$ con R = Resistività, Δp = differenza di pressione continua applicata, d = spessore del materiale v = velocità del flusso d'aria che lo attraversa.

Questo metodo di calcolo però è utilizzato per materiali monomaterici, quindi, per effettuare il calcolo della resistività al flusso del multistrato, è necessario procedere scomponendo gli strati di cui è costituito. In questo modo è possibile effettuare il calcolo per ciascun componente. Poiché il multistrato, per la realizzazione del pannello, viene impiegato senza subire nessun processo di lavorazione, è indispensabile avere un coefficiente di assorbimento acustico riferito all'intero pacchetto di materiali. Ottenere un unico valore numerico risulta un'operazione complessa sebbene, attraverso alcuni modelli di calcolo teorici, sia possibile ottenere per approssimazione un valore di coefficiente di assorbimento acustico da incidenza normale, prima, e da incidenza casuale, poi. Si precisa tuttavia che tali valori sono dedotti da modelli di calcolo e non da attività sperimentali in laboratorio e potrebbero discostare anche notevolmente dalla realtà.

Misura del coefficiente di assorbimento acustico da incidenza normale (Tubo di Kundt)

Il tubo di Kundt o d'impedenza, permette di calcolare l'impedenza e il coefficiente di assorbimento acustico di un materiale, come viene descritto nella norma ISO 10534 parte 2.



Tubo d'impedenza per il calcolo del coefficiente di assorbimento acustico.
Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRiM).
Foto di Gabriella Fuzio.

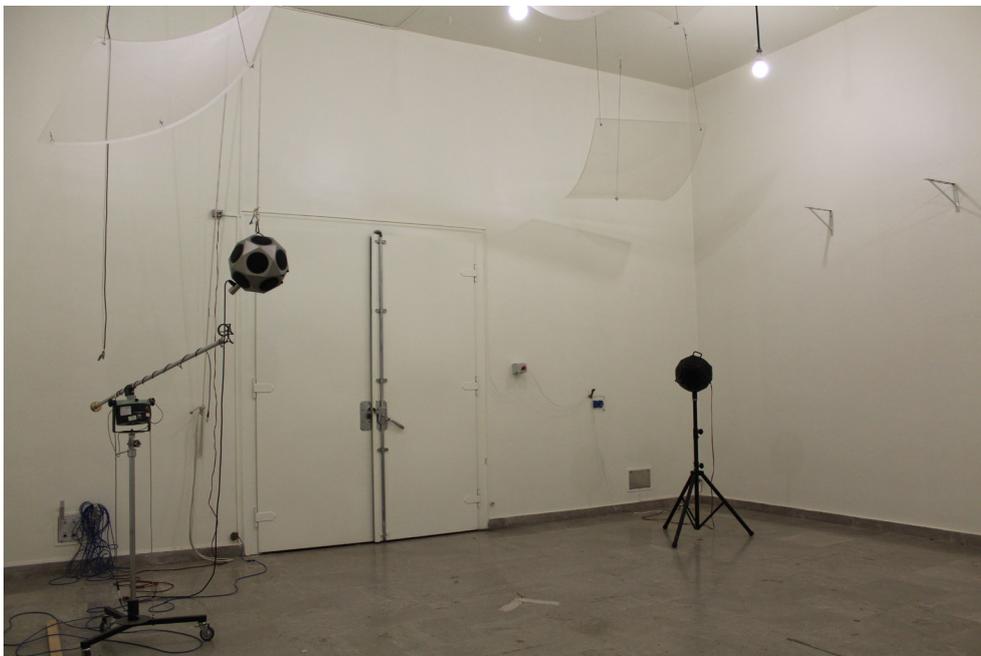
Lo strumento è costituito da un tubo chiuso, da un'estremità viene inserito il campione per mezzo di un supporto; nell'estremità opposta, è presente un pistone mobile che produce una serie di onde piane e progressive. L'impedenza⁴⁰, misurata con il tubo di Kundt, è strettamente legata a caratteristiche intrinseche del materiale come porosità, cedevolezza e flessibilità. Le onde generate dal pistone si muovono verso il campione fin quando non vengono riflesse, il microfono, di conseguenza, registrerà i due effetti di incidenza e di riflessione.

Il coefficiente di assorbimento acustico così misurato, fa riferimento

⁴⁰ $Z=P/u$ L'impedenza è uguale al rapporto tra la pressione e velocità.

al valore ottenuto che non può essere considerato sufficiente a rappresentare le condizioni reali di utilizzo del pannello poiché esso sarà applicato in ambienti con riverbero e quindi caratterizzati da incidenza casuale dell'onda sonora. Pertanto la misura più attendibile è quella da effettuarsi in camera riverberante.

Misura del coefficiente di assorbimento acustico da incidenza casuale (Camera riverberante)



Camera riverberante.
Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRiM).
Foto di Gabriella Fuzio.

La camera riverberante è un ambiente realizzato appositamente per non avere delle superfici parallele e realizzate da materiali duri e riflettenti. Al suo interno si genera all'interno un campo diffuso in cui l'incidenza dell'onda sonora prodotta da una sorgente è totalmente casuale.

Questo tipo di misurazione è quella che fra tutti permette di avere un coefficiente di assorbimento acustico più vicino alle condizioni reali di utilizzo.

Secondo la norma, condizione affinché si possa effettuare la prova, è quella di avere una superficie minima di 12 m^2 su cui poter verificare

5.3

SCHEDA PRODOTTO

Dopo aver realizzato il prototipo, ho immaginato di presentare il pannello, progettato e costruito, in una scheda prodotto che potesse sintetizzare tutti le sue peculiarità.

La scheda prodotto, di seguito allegata, si compone di una prima parte introduttiva in cui vengono illustrati gli obiettivi di partenza per lo sviluppo di questo lavoro di tesi.

Vengono approfondite tre tipologie di prodotto:

- schermatura da tavolo;
- parete divisoria mobile;
- pannello a parete.

Di ciascuno, si approfondiscono le dimensioni disponibili e gli elementi accessori che sono utili per descrivere i sistemi di applicazione possibili da prendere in considerazione.

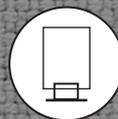
L'ultima parte è riservata alle caratteristiche generali e comuni alle tre tipologie di prodotto descritte, come i tipi di tessuti, le colorazioni disponibili, i grafici ottenuti dai test acustici e il coefficiente di assorbimento acustico che potrà essere calcolato in futuro, per mezzo della camera riverberante come descritto nelle pagine precedenti.

REMATTRESSS

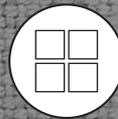
Designed by Gabriella Fuzio



Schermatura da tavolo
/ Table screen



Parete divisoria mobile
/ Mobile wall



Pannello a parete
/ Wall panel

DA RIFIUTO INDUSTRIALE A NUOVO PRODOTTO / FROM INDUSTRIAL WASTE TO NEW PRODUCT

Remattress nasce per rispondere a necessità ambientali, per questo è realizzato interamente con materiali di recupero. In particolar modo vengono reimpiegati gli scarti di materasso prodotti dall'industria come imbottitura e anima fonoassorbente del pannello. La scelta di reimpiegare sfridi di tessuto di colorazioni e tipologie diverse per il rivestimento esterno rende il pannello un componente d'arredo che conferisce carattere all'ambiente. L'uso di più pannelli permette di migliorare le condizioni acustiche dell'ambiente riducendo il riverbero.

// *Remattress* was created to meet environmental needs. In particular, the scraps of mattress produced by the industry such as padding and sound-absorbing core of the panel are reused. The choice of reusing wasted fabrics of different colors and types for the external covering makes the panel a piece of furniture that gives character to the environment. The use of several panels allows to improve the acoustic conditions.

INFORMAZIONI TECNICHE / TECHNICAL INFORMATION

Remattress rappresenta una linea di articoli rispettano l'ambiente grazie al reimpiego di tutti i materiali di cui è costituito e sono pensati per rendere un ambiente di lavoro confortevole. La linea *Remattress* presenta tre tipologie di articoli: schermature da tavolo, parete divisorie mobili e pannelli a parete. L'imbottitura fonoassorbente in sfridi di materasso è montata direttamente su una struttura rigida di legno MDF, rivestita da tessuto. I pannelli possono essere di dimensioni diverse e installati utilizzando sistemi differenti a seconda della necessità richiesta.

// *Remattress* is a line of articles designed to make a harmonious work environment that respects the environment thanks to the reuse of all the materials it is made. The *Remattress* line features three types of items: table screens, movable partition walls and wall panels. The sound absorbing padding in mattress scraps is mounted directly on a rigid mdf wood structure, covered with fabric. The panels can be of different sizes and installed using different systems depending on the required need.



Schermatura da tavolo
/ Table screen





Schermatura da tavolo

/ Table screen



dimensioni b x h x s

/ dimensions b x h x s

180 cm x 65 cm x 6 cm

160 cm x 65 cm x 6 cm

140 cm x 65 cm x 6 cm

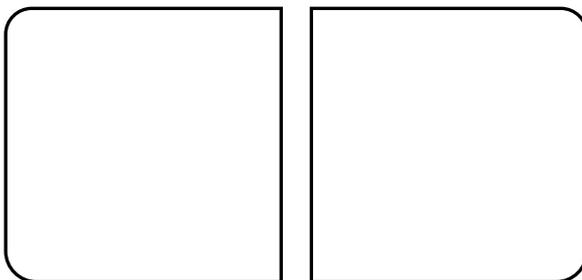
120 cm x 65 cm x 6 cm

100 cm x 65 cm x 6 cm

80 cm x 65 cm x 6 cm

LATERALI

/ SIDE SCREEN



dimensioni b x h x s

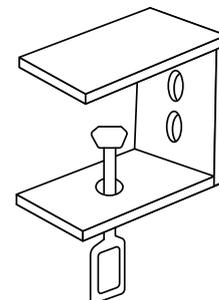
/ dimensions b x h x s

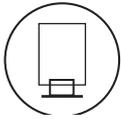
60 cm x 65 cm x 6 cm

80 cm x 65 cm x 6 cm

ACCESSORI

/ Accessories





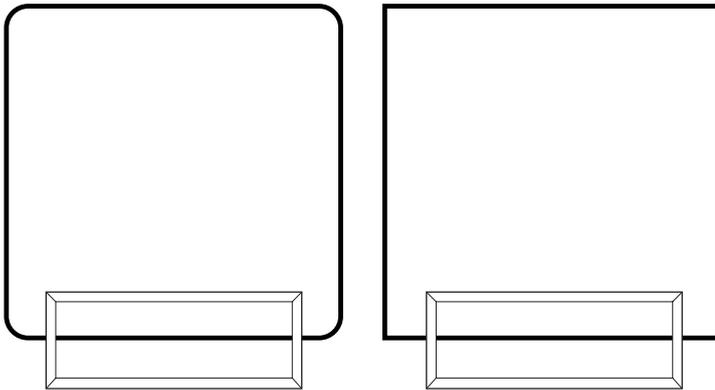
Parete divisoria mobile
/ Mobile wall





Parete divisoria mobile

/ Mobile wall

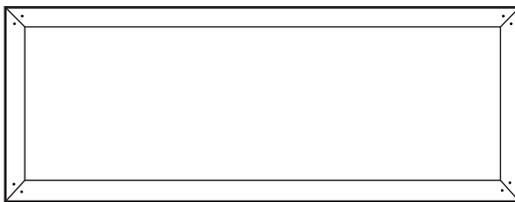


dimensioni b x h x s
/ dimensions b x h x s

120 cm x 140 cm x 6 cm
100 cm x 140 cm x 6 cm
160 cm x 160 cm x 6 cm
140 cm x 160 cm x 6 cm
160 cm x 140 cm x 6 cm
80 cm x 160 cm x 6 cm

STRUTTURA

/ STRUCTURE



dimensioni b x h x s
/ dimensions b x h x s

160 cm x 15 cm x 6 cm
140 cm x 15 cm x 6 cm
120 cm x 15 cm x 6 cm
100 cm x 15 cm x 6 cm
80 cm x 15 cm x 6 cm
60 cm x 15 cm x 6 cm

Struttura a telaio di sostegno in legno.

// Frame wooden structure

...altre opzioni

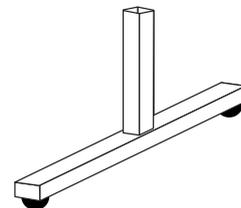
/ other options



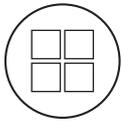
Ruote a forcella
/ Weels



Struttura a piedini
/ Point structure

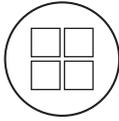


Soistes cart

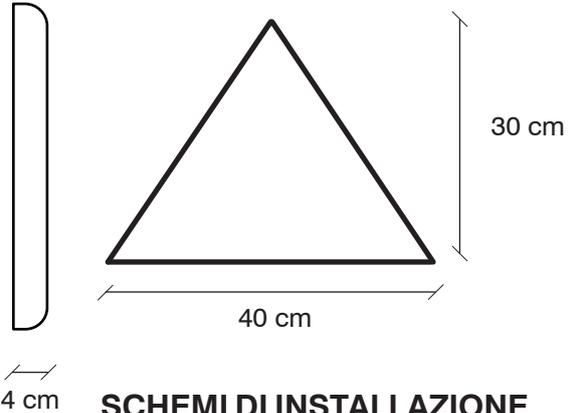
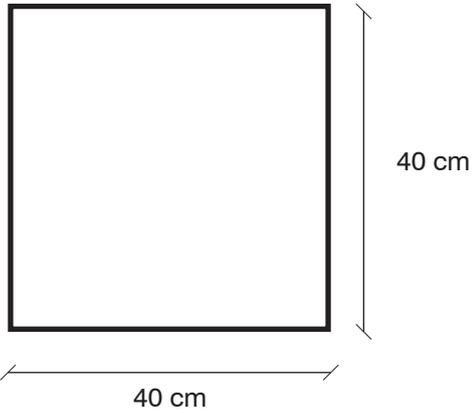


Pannello a parete
/ Wall panel

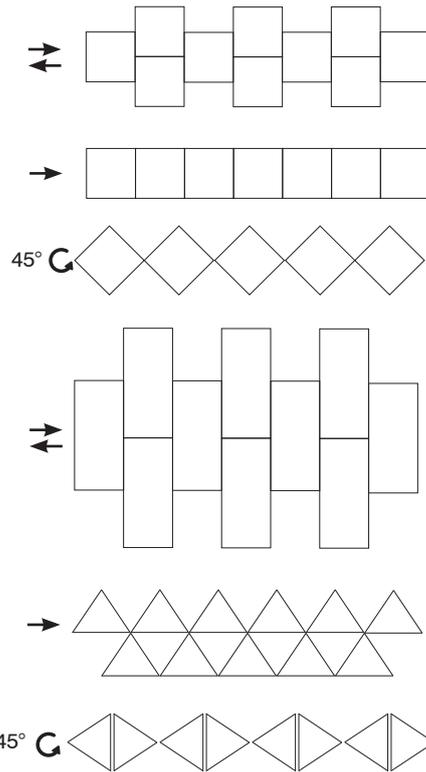
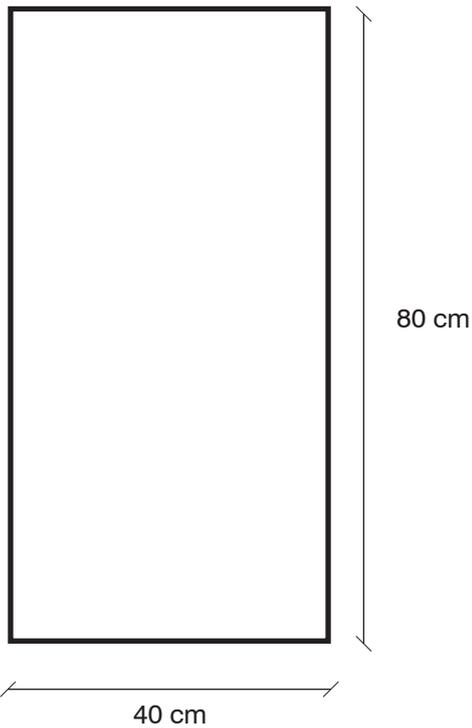




Pannello a parete
/ Wall panel



SCHEMI DI INSTALLAZIONE
/ SCHEME OF INSTALLATION



TIPOLOGIE DI APPLICAZIONE
/ TYPES OF APPLICATION



Tassello a parete
/ Dowels



Velcro
/ Velcro



Calamita
/ Magnet

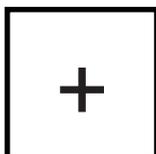
COLORI / COLOURS

Per il rivestimento esterno non è possibile definire delle tipologie di tessuto e colorazioni standard poichè verranno reimpiegati scarti di tessuto. Ogni pannello sarà realizzato singolarmente, scegliendo gli sfridi tenendo conto delle varietà cromatiche.

Alcuni esempi:

// For the external covering it is not possible to define standard types of fabric and colors as fabric scraps will be reused. Each panel will be made individually, choosing the scraps taking into account the variety of colors.

Some examples:



TEST ACUSTICI / SOUND TEST

I grafici e il coefficiente di assorbimento acustico verranno inseriti dopo aver svolto i test acustici all'interno della camera riverberante.

// The graphs and the sound absorption coefficient will be inserted after performing the acoustic tests inside the reverberating chamber.



REMATTRESS,

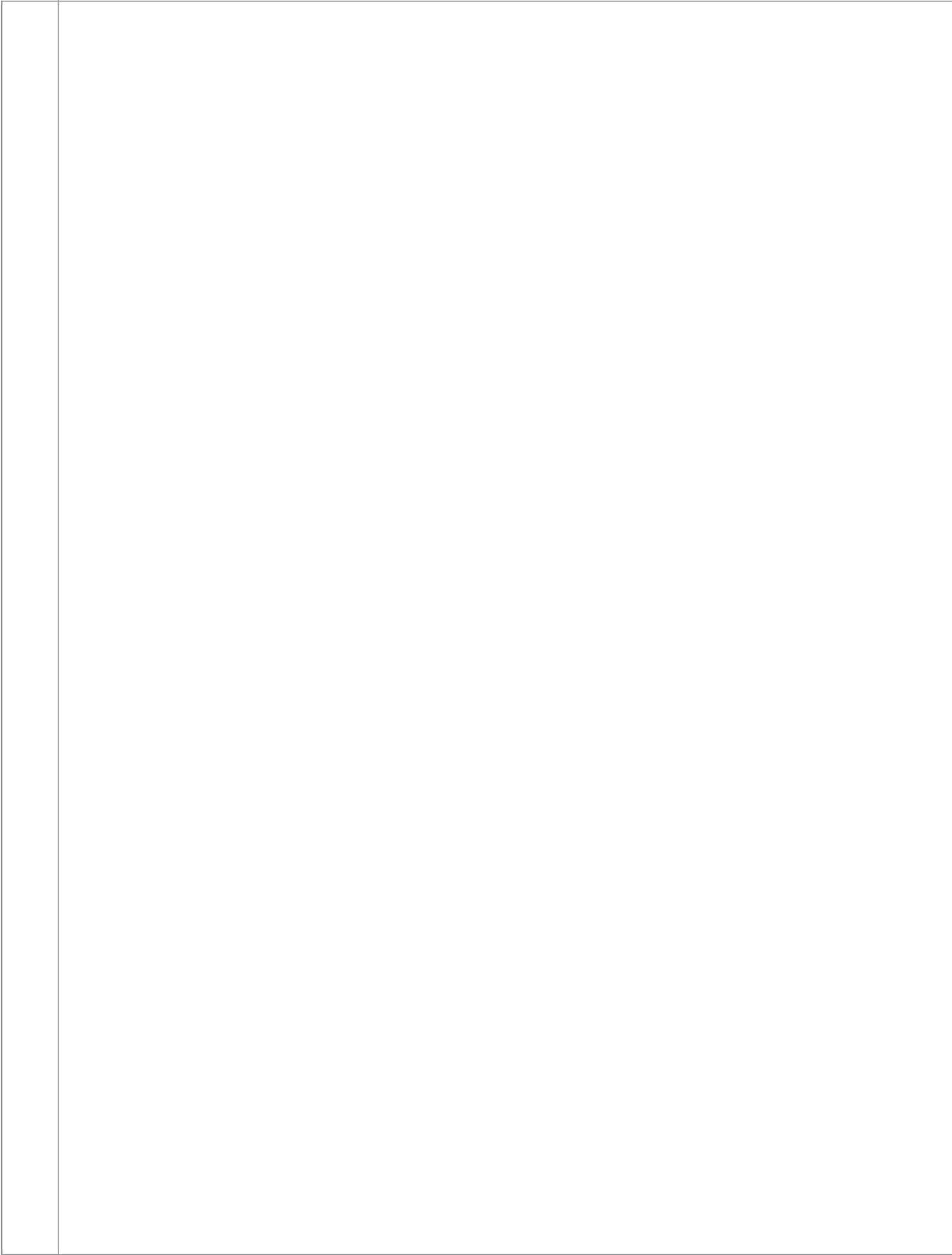
un nuovo prodotto per rendere gli
ambienti più confortevoli nel rispetto
dell'ambiente.

REMATTRESS

Designed by Gabriella Fuzio



**CONSIDERAZIONI
FINALI**



Aver collaborato con un'azienda produttrice di materassi, la Flexilan 2000 s.r.l., ha permesso di studiare la filiera produttiva del materasso in tutti i suoi passaggi, così da individuare alcune delle fasi di lavorazione che impediscono la realizzazione di un prodotto semplice da disassemblare alla fine del suo ciclo di vita. Particolare attenzione è stata rivolta agli output aziendali, in particolar modo alla tipologia di rifiuti che l'azienda produce e smaltisce mensilmente in discarica. Tra questi si individua un tipo di scarto che viene prodotto nella fase di taglio del rivestimento del materasso in particolar modo quello costituito da: tessuto di varia natura, ovatta, poliuretano e tessuto non tessuto. Lo scarto attualmente non trova un diverso impiego, se non lo smaltimento in discarica, perchè si tratta di un multistrato difficile da separare a causa della fitta trapuntatura che tiene insieme i singoli materiali.

Una possibile soluzione per ridurre la produzione di questo tipo di rifiuto sarebbe quella di evitare la cucitura che tiene insieme gli strati o eseguirla in modo tale da facilitare la scomposizione di tutti gli elementi di cui è costituito il multistrato. Poichè la Flexilan 2000 s.r.l. non vuole rinunciare ai suoi 100 modelli di trapuntatura, questa ricerca mira a individuare un possibile reimpiego di questo tipo di rifiuto industriale. Indagare su come venga affrontato a livello internazionale questo tipo di problema è stato il primo passo per effettuare delle considerazioni preliminari sull'impiego dello sfrido. La ricerca non ha mostrato casi significativi di reimpiego di questo tipo di rifiuto, legato al pre-consumo, come invece avviene nel caso del post-consumo, in cui i materassi

a fine vita trovano diverse possibilità di “nuova vita. L’obiettivo comune dei casi studio analizzati è stato quello di realizzare un nuovo prodotto circolare e che possa essere riciclato all’infinito, adottando un approccio “dalla culla alla culla”. È stato interessante scoprire che anche in Italia sono presenti centri di recupero e riciclaggio, come la Comet recycling s.r.l., che mirano a dare una svolta al problema del materasso fuori uso. Anche in questo caso si ripresenta il problema dell’impossibilità di riciclo per il rivestimento che protegge l’anima del materasso.

Individuate le problematiche da cui poter partire, la ricerca ha proseguito con la caratterizzazione dei materiali con il software Cambridge Engineering Selector. Prendendo in considerazione solo alcune delle proprietà fisiche, termiche, meccaniche e ambientali, è stato possibile fare una correlazione dei materiali presi in esame, valutando le relative performance. Dal momento che le proprietà acustiche non vengono trattate dal programma in questione, si è deciso di procedere in un altro modo, ovvero facendo riferimento a studi della letteratura scientifica internazionale. Lo studio ha mostrato una notevole presenza di ricerche sul settore tessile in tutto il mondo, e ha evidenziato le proprietà fonoisolanti degli elementi del multistrato costituiti da materiali naturali e sintetici porosi.

Lo studio qualitativo dei materiali di cui è composto il multistrato è stato il punto di partenza per lo sviluppo di concept e scenari di applicazione di nuovi prodotti fonoassorbenti:

pannello a parete, parete divisoria mobile, poltrone *think tank*, *phone*

booth e postazioni di lavoro mobili.

Per sperimentare la realizzazione di quanto progettato e espressamente illustrato nel concept, è stato realizzato il prototipo di un pannello a parete, utilizzando materiali di recupero e adottando una modalità di assemblaggio che consentisse da un lato consenta una rapida realizzazione del prodotto, dall'altro che escludesse l'utilizzo di colle in modo da semplificare la fase di disassemblaggio del pannello al termine del suo ciclo di vita. Con il pannello realizzato è stato possibile anche fare delle prime valutazioni sulle performance acustiche, grazie al contributo di Alessandro Schiavi, ricercatore presso l'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRiM) di Torino. A livello qualitativo tali performance sono da considerarsi positive, in relazione alla porosità dei materiali costituenti il pannello e alla direzione dei pori dei materiali prevalenti. Durante il colloquio, sono stati presi in considerazione diversi metodi per la verifica sperimentale. Quello che più si presterebbe alla valutazione della performance acustiche del pannello realizzato è la camera riverberante poichè il calcolo viene svolto sul pannello finito e in un ambiente in cui il suono si propaga ad incidenza casuale. Il test non viene eseguito in questa ricerca perché, per ottenere un risultato ottimale, bisognerebbe disporre di una superficie minima di 12 m², equivalente a 74 pannelli in più rispetto a quello già realizzato. In alternativa, si potrebbe costruire un unico pannello della stessa superficie, impiegando gli stessi materiali del prototipo. Questo significa che il pannello progettato può variare in funzione di una migliore performance acustica. La ricerca si apre

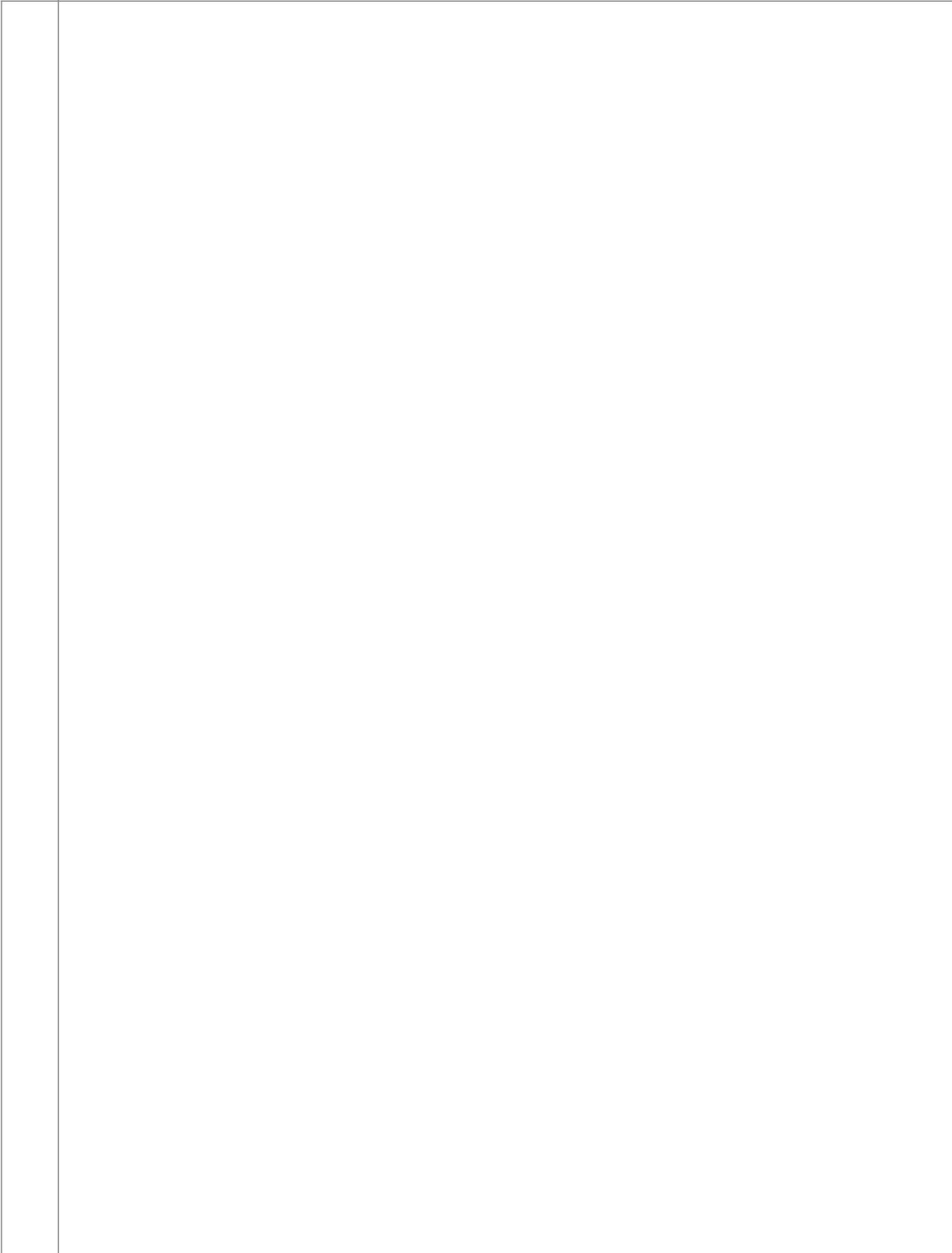
a scenari futuri, in cui potrebbero essere sperimentati più prototipi, differenti per caratteristiche geometrico-dimensionali (per es. in termini di spessore) e per caratteristiche meccaniche e fisico-chimiche (per es. variazioni della parte rigida, dell'anima morbida, ecc.), in modo da verificare la soluzione in grado di massimizzare il coefficiente di assorbimento acustico.

La variabile tempo (legata a quella di una tesi di laurea) unitamente all'impossibilità di realizzare ampie superfici campione (per mancanza di quantitativi sufficienti di materiale) rappresentano vincoli per il conseguimento di questo tipo di risultati.

Tuttavia l'esperienza e il lavoro di ricerca condotto in questa tesi possono costituire il presupposto per approfondimenti futuri, sia dal punto di vista acustico sia dal punto di vista del design del pannello.

06

BIBLIOGRAFIA



TESI

Alessandro Pepe e Andrea Marcante, *La manifattura tessile di Moncalieri: il progetto di riuso*, Corso di Laurea in Architettura per il Progetto Sostenibile, rel. Pierre Alain Croset, Politecnico di Torino, 2007.

Marco Robaldo, *La compatibilità ambientale dei materiali naturali: uno studio LCA sugli isolanti per l'edilizia in funzione della loro origine e del sistema di produzione*, Rel. Daniela Bosia, Roberto Giordano. Corso di laurea specialistica in Architettura (ambiente e paesaggio), Politecnico di Torino, 2008.

Francesca Cimino, *Preparazione di compositi rinforzati con fibre naturali destinati all'applicazione nell'edilizia ecosostenibile*, Corso di Laurea in Ingegneria dei materiali e della produzione, Università degli Studi di Napoli Federico II, 2009.

Valentina Ferrari, *Da rifiuto a risorsa : sperimentazione nelle pareti verdi*, Rel. Federica Larcher, Elena Piera Montacchini, Roberto Giordano. Corso di laurea specialistica in Progettazione di giardini, parchi e paesaggio, Politecnico di Torino, 2010.

Matteo Bertola, *PUrAL produzione e sperimentazione di un elemento di involucro attraverso il recupero di scarti di alluminio*, , Corso di

laurea specialistica in Architettura, Rel. Jean Marc Christian Tulliani, Roberto Giordano, Politecnico di Torino, 2011.

Giorgio Ceste, *Progettare con i rifiuti: diario di un'esperienza di riuso della moquette in edilizia*, Politecnico di Torino, Facoltà di Architettura, Corso di laurea in Architettura per il Progetto Sostenibile, rel. Andrea Bocco, Roberto Giordano, Politecnico di Torino, 2012.

Andrea Vecchio, *Riutilizzo e riciclo nell'edilizia industriale: strategia, strumenti e soluzioni tecnologiche*, Rel. Elena Piera Montacchini, Roberto Giordano. Corso di laurea specialistica in Architettura, Politecnico di Torino, 2012.

Daniele Borraccino e Marco Vassallo, *Riciclare e costruire: lo scarto diventa architettura*, Politecnico di Torino, Corso di laurea specialistica in Architettura (Ambiente e Paesaggio), Rel. Valentina Serra, Roberto Giordano, Politecnico di Torino, 2012.

Giorgia Riolo, *Lana autoctona: tra rifiuto e risorsa*, rel. Claudia De Giorgi Politecnico di Torino, 2013.

Ticco Paronuzzi, Aurora Beatrice, *Architettura del re-impiego : potenzialità, applicazioni e scenari per elementi tecnici, componenti e materiali*, Rel. Roberto Giordano. Corso di laurea magistrale in Architettura per il progetto sostenibile, Politecnico di Torino, 2014.

Elena Candelari, *Caratterizzazione sperimentale della prestazione termica e acustica di un living wall*, Dottorato di ricerca in innovazione tecnologica dell'ambiente costruito, rel. Valentina Serra, Politecnico di Torino, 2015.

Chiara Malfatto, *L'Architettura del reimpiego: evoluzione del processo di progettazione architettonico e tecnologico*, Corso di Laurea in Architettura per il Progetto Sostenibile, rel. Roberto Giordano, Paolo Mellano, Politecnico di Torino, 2016.

Giuseppe Vinci, *Il rifiuto: prima materia seconda per un progetto nella città di Torino*, Corso di Laurea in Architettura per il Progetto Sostenibile, rel. Matteo Robiglio, Politecnico di Torino, 2016.

Valeria Osella, *Sottoprodotti e rifiuti dell'industria tessile: formulazione di scenari di reimpiego in Architettura*, Corso di Laurea in Architettura per il Progetto Sostenibile, rel. Roberto Giordano, Montacchini Elena Piera, Tedesca Silvia, Politecnico di Torino, 2018.

LIBRI

James Hennessey, Victor Papanek, *How thing don't work*, in Massimo Foti, *Riuso ed Uso Alternativo*, Torino, Levrotto e Bella, 1979.

Viale Guido, *Un mondo usa e getta*, Milano, Feltrinelli, 1994.

Alfredo Franco, *Il vecchio in Italia: o merce o rifiuto*, Roma, 1972.

Foti Massimo, *Riuso e uso alternativo*, Torino, Lavrotto&Bella, 1982.

Enrico Bona, *Criteri generali e sei progetti*, Genova, 1986.

Licia Martelli, *Il riscatto del rifiuto: la rivincita del rifiuto*, Edizione Casagrande SA, 2000.

Claudio Martorana, Simona Beccherini, *Assorbimento e isolamento acustico negli edifici: rumori interni ed esterni, materiali e indicazioni di posa, collaudi opera, schema di regolamento edilizio tipo*. Maggioli editore, 2006.

Alessandro Fassi, Laura Maina, *L'isolamento ecoefficiente. Guida all'uso dei materiali naturali*, Edizione Ambiente, 2009.

Giordano Roberto, *I prodotti per l'edilizia sostenibile, La compatibilità ambientale dei materiali nel processo edilizio*, Napoli, Sistemi Editoriali,

2010.

Rita Occhiuto, *Paesaggi incisi: riuso e riciclo*, Pisa, Casa editrice EPS, 2014.

Gunter Pauli, *Blue economy 2.0. 200 progetti implementati, 4 miliardi di dollari investiti, 3 milioni di nuovi posti di lavoro creati*, Milano, Edizioni Ambiente, 2015.

Alejandro Bahamon, Maria Camila Sanjines, *Rematerial, from waste to architecture*, New York, W.W. Norton & Company, 2010.

DOCUMENTI

Decreto Legislativo 152/2006, Allegato IV

Direttiva europea 94/62 CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 20 dicembre 1994, sugli imballaggi ed i rifiuti di imballaggio.

Consorzio produttori italiani dei materassi di qualità, Il materasso: scienza, tecnica e pratica.

G8 Environment Ministers meeting, Kobe 3 actions plan, Kobe, 24-26 May 2008.

Circolare ministeriale n°3150 del 22/05/1967.

Decreto Legislativo 221/2015

Decreto Legislativo 447/1995

Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 5/12/1997

Decreto Legislativo 41/2017

UNI EN ISO 354/2003

UNI EN ISO 11654

UNI 11367: 2010

UNI 11532-1: 2018

UNI EN 12354-1:2006

Schema di decreto recante l'introduzione della responsabilità estesa del produttore di materassi" riferito all'articolo 178-bis, comma 1 del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152.

ARTICOLI

Licia Martelli, *Il riscatto del rifiuto: la rivincita del rifiuto*, Edizione Casagrande SA, 2000.

Alessandro Schiavi, Louena Shtrepi, Davide Corona, *Effective scale of microstructure of fibrous permeable material*, International Congress on Sound and Vibration, July 2018.

Per approfondimento Maria Gabriella Imbesi, *Il principio delle 3 R (Reduce, Reuse, Recycle) diventa il cardine dello sviluppo sostenibile, (Resource Productivity in the G8 and the OECD – Rapporto OECD)*, Ambiente Diritto, 2011.

in Science Direct

G. Soto, A. Castro, N. Vechiatti, F. Iasi, A. Armas, N.E. Marcovich, M.A. Mosiewicki, *Biobased porous acoustical absorbers made from polyurethane and waste tire particles*, November 2009.

H. Benkreira, A.Khan, K.V.Horoshenkov, *Sustainable acoustic and thermal insulation materials from elastomeric waste residues*, May-June 2011.

Anabela Paiva, Humberto Varum, Fernando Caldeira, Ana Sá, David Nascimento, Nuno Teixeira, *Textile subwaste as a thermal insulation building material*, International Conference on Petroleum and Sustainable Development IPCBEE vol. 26 (2011) IACSIT Press, Singapore.

Ana Briga-Sa, David Nascimento, Nuno Teixeira, Jorge Pinto, Fernando Caldeira, *Textile waste as an alternative thermal insulation building material solution*, August-September 2012.

Dinesh Bhatia, Ankush Sharma and Urvashi Malhotra, *Recycled fibers: An overview*, October-November 2014.

Asis Patnaika,b, Mlando Mvubua, Sudhakar Muniyasamy,b, Anton Bothaa,Rajesh D. Anandjiwalaa, *Thermal and sound insulation materials from waste wool and recycled polyester fibers and their biodegradation studies*, January-February 2015.

Umberto Berardi, Gino Iannace, *Acoustic characterization of natural fibers for sound absorption applications*, May 2015.

Michail T. Pelegrinis, Kirill V. Horoshenkov, Alex Burnett, *An application of Kozeny-Carman flow resistivity model to predict the acoustical properties of polyester fibre*, July 2015.

Ancuta-Elena Tiuca, Horatiu Vermeșana, Timea Gabora, Ovidiu Vasileb, *Improved sound absorption properties of polyurethane foam mixed with textile waste*, Sustainable Solutions for Energy and Environment, EENVIRO - YRC 2015, 18-20 November 2015, Bucharest, Romania.

Rostislav Drochytka, Michaela Dvorakova, Jana Hodna, *Performance Evaluation and Research of Alternative Thermal Insulation Based on Waste Polyester Fibers*, 18th International Conference on Rehabilitation and Reconstruction of Buildings 2016, CRRB 2016.

Umberto Berardi, Gino Iannace, *Predicting the sound absorption of natural materials: Best-fit inverse laws for the acoustic impedance and the propagation constant*, August-September 2016.

Cinzia Buratti, Elisa Belloni, Elisa Lascaro, Giovanna Anna Lopez, Paola Ricciardi, *Sustainable panels with recycled materials for building applications: environmental and acoustic characterization*, 71st Conference of the Italian Thermal Machines Engineering Association, September 2016, Turin, Italy.

M. Pedroso, J. de Brito, J.D. Silvestre, *Characterization of eco-efficient acoustic insulation materials (traditional and innovative)*, February-March 2017.

SITOGRAFIA

<http://www.superuse.org>

<http://www.refunc.nl>

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/>

<http://www.amiat.it/cms/>

<http://www.comet-recycling.it/>

<http://www.consorziomaterassi.it/>

<https://www.flexilan.it/>

<https://www.sciencedirect.com/>

<https://www.matrec.com/>

<https://www.to.camcom.it/>

<https://ec.europa.eu/>

<https://www.lrprecycling.com/>

<https://www.softlanding.com.au/about-us/>

<https://ecorglobal.com/>

<https://www.frankwillems.net/>

<http://www.recyc-matelas.fr/>

<https://www.dsm.com/>

<http://nec-eco.com>

<https://www.archiproducts.com/it>

<https://www.albonazionalegestoriambientali.it/>

<https://www.matrec.com/>

<https://www.sciencedirect.com/>

<https://www.economyup.it/>

<https://www.ambientediritto.it>

RINGRAZIAMENTI

06

Questa tesi significa per me chiudere un piccolo capitolo della mia vita e di un grande percorso universitario in cui ho potuto scoprire le mie fragilità e i miei punti di forza. Per questo motivo vorrei spendere due parole per tutte quelle persone che mi sono state accanto in questo periodo.

Ringrazio il mio relatore Roberto Giordano e alla mia correlatrice Silvia Tedesco, per i preziosi consigli, la disponibilità e la serietà che mi avete dimostrato durante tutto il periodo di stesura. La vostra conoscenza è per me fonte d'ispirazione.

Un grande ringraziamento va anche all'Arch. Giorgio Ceste, all'Arch. Alessandro Zanzo e a tutti i ragazzi che fanno parte di FWstudio, senza il loro aiuto e alla loro disponibilità, tutto questo non sarebbe stato possibile.

Ringrazio il sig. Scocca Massimo, dirigente della Comet Recycling s.r.l. e il sig. Paolo Raccagni, dirigente della Flexilan 2000 s.r.l., per aver aperto le porte delle loro aziende e per la loro collaborazione; il ricercatore dell'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica Alessandro Schiavi per la sua affabilità e gentilezza e la signora Giovanna per i suoi consigli, le sue mani sono state preziose per la realizzazione del pannello.

Alla mia famiglia, a mia madre e mio padre che mi hanno dato questa grande opportunità e mi ha permesso di essere qui oggi. Senza il loro supporto non avrei mai avuto la forza di andare avanti nei momenti di sconforto.

A mia sorella Ilaria e mio fratello Roberto che, nonostante la distanza,

mi hanno supportato ma soprattutto sopportato, trovando sempre il modo per dimostrarmi il loro affetto.

A Federico, da sempre al mio fianco. Dopo tutti i sacrifici fatti e i chilometri che ci hanno separato, ti ringrazio per la tua immensa pazienza e per essermi stato accanto anche quando fisicamente non lo eravamo.

Alle mie coinquiline, Gianna, Federica, Nicole e Margherita. Vi ringrazio perchè siete la mia seconda famiglia. Grazie alla vostra allegria contagiosa, avete reso meno pesante quest'ultimo periodo.

Alle mie amiche di una vita Anita, Sarah e alla mia compagna di banco Maria. La distanza non ha permesso di dividerci e di trasmettermi tutto il vostro sostegno e affetto. Siete con me sempre.

A tutti i miei amici che questa città mi ha fatto incontrare, senza di voi questi anni non sarebbero stati così divertenti.

