



**Politecnico di Milano**  
**Facoltà del Design**  
**Corso di Laurea in Design & Engineering**

**Progetto "Freezestorage"**  
**Percorso di riprogettazione di un frigorifero domestico**

**Relatore: Francesco Trabucco**  
**Correlatore: Barbara Del Curto**

**Studente: Gilberto Giannelli**  
**Matr. 751714**

**Anno Accademico 2010/2011**



# Indice

<b>Abstract.</b>	3
<b>1- Introduzione.</b>	4
1.1- Ipotesi progettuale di partenza	5
<b>2- Fase di ricerca.</b>	6
2.1- Ricerca generica – Lo stato dell'arte	10
2.2- Ricerca tecnologica – I sistemi di refrigerazione	13
2.3- Ricerca approfondita.	18
2.4- Identificazione della fascia di mercato utile.	24
<b>3- Analisi delle specifiche di prodotto.</b>	25
3.1- Identificazione dei requisiti dell'utente.	26
3.2- Benchmark fra i prodotti esistenti .	27
3.3- Benchmark delle metriche e dei requisiti.	32
3.4- Scelta delle specifiche obiettivo.	33
<b>4- Reverse engineering.</b>	34
4.1- Investigazione.	35
4.1.1- Identificazione dei gruppi funzionali.	36
4.2- Sviluppo modello progettuale.	42
4.3- Analisi progettuale.	45
<b>5- Concept.</b>	47
5.1- Idee iniziali.	49
5.2- Concept definitivo.	54
<b>6- Engineering – Scelta delle tecnologie di produzione.</b>	57
6.1- Specifiche di produzione dei nuovi componenti.	61
6.2- Scelta del processo.	65
6.2.1- Stampaggio di espansi.	66
6.2.2- Il processo di sinterizzazione.	70
6.2.3- Trattamenti superficiali e rivestimenti.	71
6.2.4- Manufatti accoppiati "in mould".	71
6.2.5- Stampaggio rotazionale.	72
6.3- Scelta del processo - Conclusioni.	74
<b>7- Engineering – Selezione dei materiali.</b>	75
7.1- Confronto tra potenziali materiali.	76
7.2- Possibili alternative al materiale selezionato.	83

<b>8- Engineering – Calcolo dei costi produttivi.</b>	84
8.1- Modello di costo.	85
8.2- Corpo principale - calcolo del costo.	87
8.3- Porta reversibile - calcolo del costo.	89
8.4- Costi produttivi - considerazioni.	91
<b>9- "Freezorage" - Design definitivo.</b>	92
9.1- Caratteristiche materiche.	93
9.2- Assemblaggio fai-da-te.	95
9.3 Scelte tecniche e funzionamento.	103
9.4 Riutilizzo e smaltimento.	108
<b>10- Conclusioni.</b>	109
10.1- Il progetto "Freezorage" e l'innovazione.	110
<b>Disegni esecutivi</b>	114
<b>Bibliografia</b>	116
<b>Siti internet</b>	118
<b>Indice delle immagini</b>	119
<b>Indice delle tabelle</b>	123
<b>Indice dei grafici</b>	123
<b>Indice delle tavole</b>	123

## Abstract.

E' possibile pensare e progettare prodotti innovativi all'interno di un mercato saturo in ogni suo settore? Il mio lavoro, partendo da questa domanda, spiega come le fasi progettuali di ricerca possano favorire la nascita di idee, come le idee sono strutturate quando si chiede loro di produrre qualcosa di nuovo e quali sono gli strumenti che ci vengono in aiuto per portarle avanti.

Queste fasi vengono mostrate attraverso la riprogettazione di un frigorifero per uso domestico. Nel caso di un prodotto di media complessità come questo è stato fondamentale comprendere la reciproca interazione di tutti gli elementi in gioco. Una delle idee alla base del progetto infatti consiste nell'unione in un unico componente, di tre pezzi precedentemente separati: cella frigorifera, schiuma isolante e rivestimento esterno. L'idea seguente, derivante da questa semplificazione strutturale, è stata quella di progettare un assemblaggio fai-da-te.

Attraverso la successiva identificazione di possibili materiali e processi produttivi sono giunto al design definitivo. Il risultato è "Freezestorage", un frigorifero formalmente molto semplice che fa del fai-da-te la sua caratteristica di attrattività e che offre interessanti opportunità di miglioramento per quanto riguarda il ciclo di vita del prodotto: velocità produttiva, riduzione di manodopera, manutenzione semplificata e riutilizzo a fine vita.

Is it possible to think and design innovative products in an oversaturated market?

My work starts with this question and explains how the design research may favor the generation of ideas, how ideas are structured when they produce something new and which tools you need to bring them further.

These stages are shown within the redesign of a home refrigerator.

In the case of an average complexity product, as the refrigerator itself, it is crucial to understand the mutual interaction of all the elements involved. One of the ideas behind the project consists indeed of the union into a single component of three previously separate pieces: the inside cell, the insulating foam and the outer covering. The following idea, arising from this structural simplification, was to design a do-it-yourself refrigerator.

Then I came to the final design by selecting possible materials and manufacturing processes. The name of my refrigerator is "Freezestorage", it is very simple in shape and the possibility of doing it yourself is its attractiveness feature. Moreover it offers interesting opportunities to improve the product life cycle: reducing manpower, making maintenance easier and reusing it as furniture eventually.

## 1- Introduzione

Questa tesi nasce dal bisogno di descrivere in maniera riassuntiva il processo di progettazione appreso nei due anni di specializzazione in Design & Engineering. Si tratta di una tesi di tipo progettuale che spiega il percorso attraverso il quale si arriva a definire un intero prodotto dalla fase di ricerca ed osservazione iniziale, passando attraverso la design definition, fino ad arrivare agli esecutivi, ai rendering finali e all'ingegnerizzazione.

L'approccio analitico che mi sono imposto serve a mostrare questi passaggi in maniera più oggettiva possibile, in modo da poter descrivere un processo che ben si adatti alla maggior quantità di prodotti di tipo industriale ed in maniera più ampia possibile .

La scelta dell'oggetto è ricaduta su un elettrodomestico di uso quotidiano, presente oggi in ogni abitazione, il frigorifero. La preferenza è dovuta al fatto che si è avuta la possibilità di dialogare direttamente con un'azienda produttrice, la Indesit, che ha messo a disposizione la sua esperienza ed il suo know-how per quanto riguarda gli aspetti più tecnici dell'oggetto.

Come detto poche righe fa, un approccio analitico alla riprogettazione si propone di trovare un "nuovo modo" di mostrare il prodotto attraverso scelte ponderate e logiche: ogni fase del progetto deve essere guidata dai valori di funzionalità, ergonomia, coerenza estetica associati ad una buona ingegnerizzazione dell'oggetto.

## 1.1- Ipotesi progettuale di partenza

**“E' possibile riprogettare un elettrodomestico come il frigorifero, trasformato relativamente poco da un punto di vista estetico-funzionale nell'arco della sua storia, facendo innovazioni sensate e mantenendo ragionevolmente invariata la sua struttura tecnologica?”**

Chiarisco meglio la domanda: il designer del nuovo millennio si trova a dover progettare quotidianamente oggetti già esistenti, ben industrializzati e che solitamente funzionano bene.

I frigoriferi in commercio ad esempio coprono ormai ogni target di mercato; facendo ricerche accurate è difficile non riuscire a trovare un frigorifero che soddisfi le varie esigenze, perfino quelle di piccole nicchie.

Il fatto che questo prodotto negli anni si sia trasformato relativamente poco da un punto di vista estetico-funzionale dimostra che il processo produttivo che lo industrializza è consolidato; il che implica costi di produzione e distribuzione già ottimizzati. Per questo motivo è necessario che le innovazioni apportate dal designer siano significative, in particolar modo quando vanno a modificare questi processi, richiedendo investimenti economici da parte delle aziende.

Resta da precisare che cosa intendo per “innovazione sensata”; un'innovazione è un cambiamento che porta con sé qualcosa di nuovo. Nel caso del product design può riguardare una parte fisica dell'oggetto o la riorganizzazione generale delle parti. Con l'aggettivo sensato invece mi riferisco sia al fatto che la mutazione deve produrre un significato, sia al fatto che deve essere di buon senso, ragionevole.

Le variazioni possono riguardare il cambio di un materiale, il cambio di dimensioni, la sostituzione di una tecnologia o altre modifiche. L'importante è che queste vadano a migliorare una o più di quelle che io definisco costanti del design: funzione, ergonomia, materiale, percezione, tecnologia, processi.

Oltre a mostrare quali sono gli step indispensabili allo sviluppo di un nuovo prodotto e quali strumenti ci vengono in aiuto in ogni fase il mio obiettivo è quello di capire quali ragionamenti mentali siano efficaci in ciascuno stadio.

## **2- Fase di ricerca**

### **Come per ogni progetto, la fase di ricerca iniziale è molto importante.**

Infatti prima di procedere con le prime idee, gli schizzi, i concept, bisogna conoscere bene non solo l'oggetto che si andrà a ri-disegnare ma anche le diverse tipologie e forme assunte dall'oggetto, il suo mercato, gli ambiti professionali e commerciali, se esistono oggetti alternativi e che svolgano la stessa funzione o che soddisfino gli stessi bisogni ma in maniera differente, vedere se e quali evoluzioni l'oggetto ha avuto nel tempo.

Bisogna valutare i prodotti di diverse case costruttrici, cosa li differenzia ed andare ad osservare le varie fasce di prezzo mettendole in relazione con le varie caratteristiche dell'oggetto.

Inoltre è molto importante capire cosa cerca l'utilizzatore o il possibile acquirente da un prodotto di questo tipo, cercando di vedere ciò di cui ha veramente bisogno.

### **Le fasi della ricerca**

Per prima cosa bisogna dividere la ricerca in più fasi, si partirà da una ricerca generica per osservare cosa c'è sul mercato sia per quanto riguarda i prodotti che per quanto riguarda i marchi.

Poi si andrà ad approfondire sempre di più con dati più specifici e tecnici (come ad esempio il costo, l'ambito specifico, ecc.) e poi si passerà ad una ricerca che comprende i brevetti internazionali fino ai prodotti che fanno parte di altri ambiti produttivi ma che possono essere usati come spunto nella fase di concept.

### **Ricerca generica**

Questa è la fase iniziale, bisogna iniziare a capire il prodotto in maniera basilare, come è fatto e a cosa serve.

E' utile avere un primo contatto con il prodotto ad esempio andando ad osservarlo dal rivenditore o acquistandolo per poterne apprezzare ad esempio i volumi ed avere un primo feedback tattile e visivo.

### **Ricerca approfondita**

Una volta capito di quale prodotto si tratta, si passa alla fase successiva, si osservano i prodotti in maniera più approfondita cercando di capire le differenze tecniche, materiche e funzionali.

Anche il prezzo di vendita sul mercato è un indicatore molto importante, quasi essenziale, che può far capire ad esempio se ci troviamo di fronte ad un prodotto di alta o bassa gamma. Infine è fondamentale individuare una fascia di mercato utile nella quale porre il progetto.



## Fase di benchmark

Questa fase è la conseguenza diretta della ricerca sia generica che approfondita effettuate precedentemente. Una definizione esauriente di benchmark è la seguente:

Il **benchmark** in economia risale ai primi anni '70 quando la Xerox decise di migliorare radicalmente le prestazioni della funzione logistica attraverso il confronto particolarmente efficiente in tale processo.

Esistono molteplici definizioni di benchmark che tendono a distinguere un benchmark fatto fra aziende dello stesso settore su attività e processi simili (benchmark funzionale o di processo), e uno fra aziende di settori diversi con processi e attività diversi che non sono attribuibili a funzioni aziendali comuni (benchmark sui processi generici). Si aggiunge poi un terzo tipo di benchmark, quello strategico, o dei competitor diretti; in altre classificazioni esso include ed è teso a individuare anche i potenziali concorrenti di un'azienda e quelli indiretti, entrambi provenienti di altri settori.

La finalità del benchmark può essere la ristrutturazione, ossia di BPR (reingegnerizzazione dei processi aziendali) oppure un miglioramento incrementale qualitativo (ovvero non radicalmente diverso dal passato).

Il benchmark viene effettuato scegliendo un cruscotto di indicatori, ciascuno con nome e metrica, che siano oggettivi, comprensibili, poco costosi da misurare, rappresentativi di un processo critico. La scelta del processo critico e dei relativi indicatori di prestazione chiave (KPI= Key Performance Indicators) termina con una verifica di robustezza in cui per ogni indicatore queste dimensioni sono valutate insieme tramite un metodo a punteggio (es. l'AHP, acronimo di Analytical Hierarchical Process di Saaty).

Le metriche devono essere uguali per tutte le aziende oggetto del benchmark. Una comune unità di misura (es.: percentuale, metro, numero puro) assicura la confrontabilità dei risultati. In alcuni casi le aziende creano un network d'impresе, con un sito Internet comune ad accesso riservato a quelle iscritte in cui misurano e rendono visibili alle altre i valori oggetto del benchmark.

In altri casi le aziende si rivolgono a società di ricerche di mercato dove un esperto del settore, che magari ha lavorato in alcune aziende, stima i valori richieste; altrove si ricorre a società di consulenza che utilizzano fiere, riviste di settore, interviste a dipendenti e dirigenti. È importante specificare per i vari valori la fonte del dato e se esso è consuntivo, effettivo, target o un misto di questi.

*[tratto da: [http://it.wikipedia.org/wiki/Benchmark\\_\(economia\)](http://it.wikipedia.org/wiki/Benchmark_(economia))]*

Nel caso specifico di un progetto di questo tipo, il benchmark va effettuato dopo aver raccolto i dati durante la fase di ricerca.

L'utilità del benchmark è data dal fatto di poter mettere molto bene a confronto prodotti differenti e di poterli valutare in maniera molto chiara e diretta grazie all'uso di metriche e valori associati ad essi.

Questa fase è essenziale anche per capire l'orientamento del mercato e le esigenze del cliente, inoltre, come vedremo più avanti ci può aiutare a trovare buchi di mercato o nicchie non ancora esplorate da altri concorrenti dove poter piazzare un nuovo prodotto.

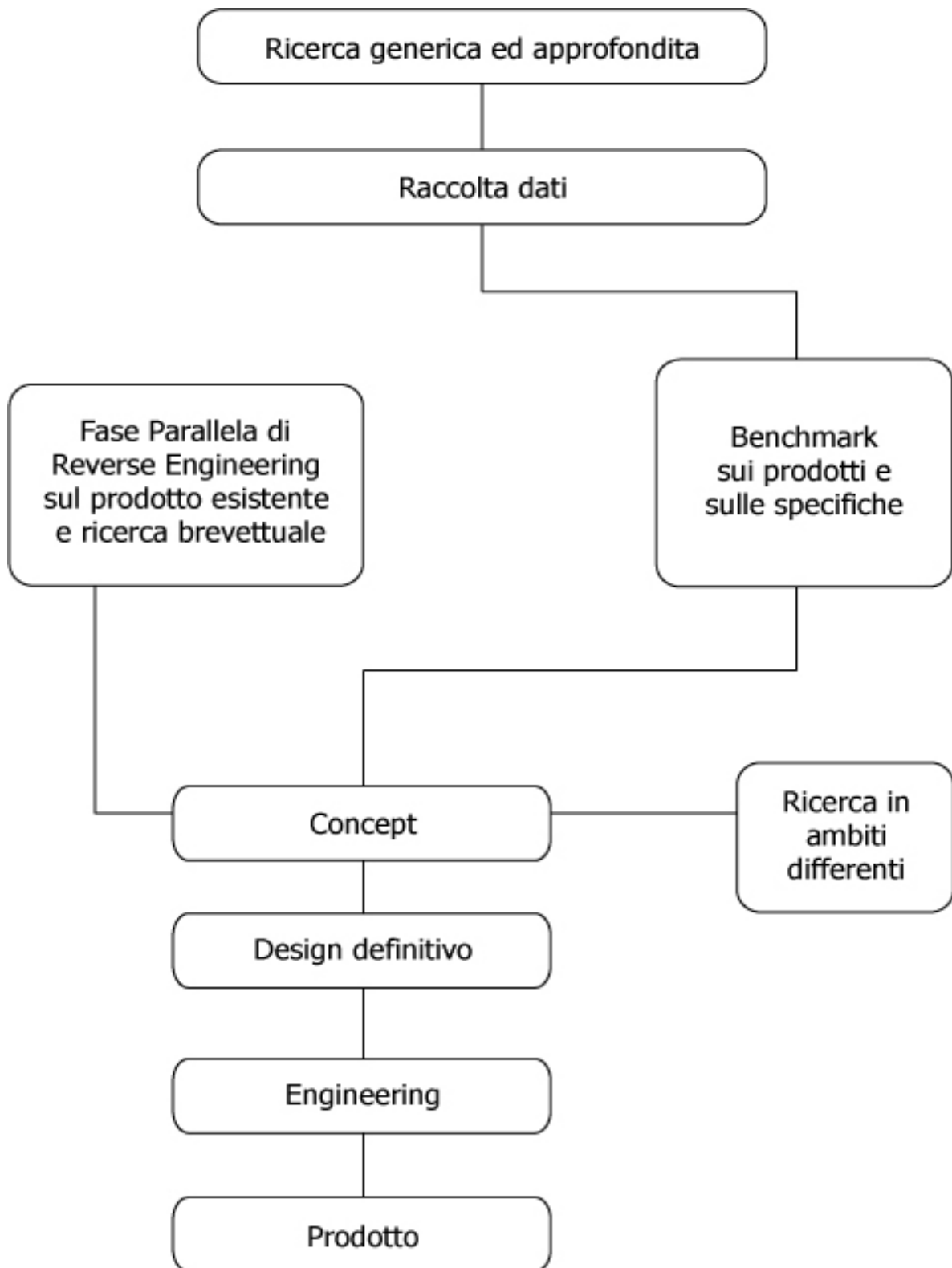
### **Ricerca brevettuale**

Quando la ricerca di prodotti presenti sul mercato è terminata e ci si è fatti un'idea di quali siano le attuali declinazioni del frigorifero si può passare a ricercare i brevetti sia nuovi che vecchi per capire quali soluzioni sono già state affrontate, quali strade sono state seguite per risolvere problemi di varia natura, come e se si è evoluto il prodotto col passare del tempo, ad esempio osservando se i progetti sono andati via via complicandosi o semplificandosi.

### **Ricerca in ambiti differenti**

Non è importante affrontare da subito questa fase, ma è molto utile durante la fase di concept, si può infatti trarre ispirazione per particolari tecnici e funzionali, ma anche per modi di agire o di interfacciarsi tra utente e oggetto prendendo spunto ad esempio da prodotti che non hanno niente a che fare con l'oggetto progettato.

In questo modo si può fare innovazione sull'interfaccia passando per strade già intraprese da altri e più consolidate ed utilizzando ad esempio interfacce già conosciute e alle quali l'utente è più avvezzo.



*g\_1 Grafico che mostra il processo progettuale comprensivo di benchmark*

## 2.1- Ricerca generica – Lo stato dell'arte

Durante questa prima fase si andrà ad individuare quali sono le principali tipologie di frigoriferi in commercio per poter fare una prima conoscenza di ciò che viene definito l'attuale stato dell'arte.

La prima suddivisione che è utile fare riguarda la destinazione d'uso delle diverse "macchine" per la conservazione a basse temperature. Nel mercato attuale esistono frigoriferi destinati ad uso commerciale, ad uso domestico e a mercati di nicchia. Nella prima tipologia rientrano principalmente le macchine frigorifere per il settore della ristorazione (ristoranti, bar, gelaterie, vending machines) e quelle destinate a laboratori e ospedali; i frigoriferi ad uso domestico soddisfano invece l'esigenza che ciascuno ha di conservare i prodotti alimentari all'interno della propria unità abitativa; mentre nella terza tipologia possiamo far rientrare i frigoriferi da campeggio, i frigobar e le "cantine" per bottiglie di vino.

### Frigoriferi ad uso commerciale.

- Frigoriferi utilizzati dal personale di lavoro.



1

- Frigoriferi utilizzati dal personale di lavoro e dai clienti.



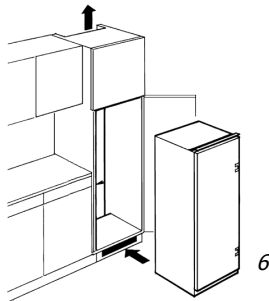
2

## Frigoriferi ad uso domestico.

- Frigoriferi free-standing.



- Frigoriferi built-in.



## Frigoriferi per mercati di nicchia.

- Frigoriferi da campeggio.
- Cantine per vini.
- Frigobar.



Ciascuna categoria di frigoriferi ha le sue regole di progettazione. Si può notare come i prodotti a seconda della loro destinazione d'uso si differenzino da un punto di vista strutturale, ergonomico, percettivo, nonostante la funzione sia sempre quella di portare a basse temperature gli alimenti.

Nel caso dei frigoriferi per la ristorazione ad esempio viene utilizzato soltanto l'acciaio inox, questo materiale, rispetto ai più economici materiali polimerici, dà un'ottima resistenza meccanica, all'impatto, all'usura e alle alte e basse temperature, tutti requisiti fondamentali in cucine con alti ritmi lavorativi. Le geometrie estremamente regolari di questi frigoriferi

minimizzano i costi di lavorazione e permettono una facile pulizia delle superfici esterne ed interne. Essendo impiegati in ambienti di lavoro sono sempre rialzati dal suolo, in questo modo anche la pulizia dei pavimenti può essere effettuata rapidamente.

I frigoriferi utilizzati sia dal personale di lavoro che dai clienti hanno la caratteristica fondamentale di mostrare il prodotto in vendita. Possono avere un andamento verticale o orizzontale, solitamente dipendente dalle caratteristiche formali delle confezioni. Nel caso in cui il rifornimento degli scompartimenti ad opera del personale e il prelievo dei prodotti da parte dei clienti sia ad alta frequenza si utilizzano mobili refrigerati aperti e i consumi energetici vengono ottimizzati tenendo conto del movimento verso il basso dell'aria fredda, tuttavia, essendo maggiori, sono giustificati solo in determinate realtà commerciali. Nel caso in cui i frigoriferi siano ermeticamente chiusi si utilizzano porte di vetro che, oltre a garantire una trasparenza di qualità ottica, hanno adeguate caratteristiche meccaniche. La possibilità di vedere il contenuto del frigorifero è una caratteristica strettamente legata ai luoghi di vendita, sia perché la varietà di colori e contrasti dei prodotti confezionati stimola la percezione visiva sia perché a livello cognitivo la localizzazione del prodotto è velocizzata.

I frigoriferi ad uso domestico svolgono nella maggioranza dei casi la doppia funzione di raffreddamento e congelamento. Anche nei casi in cui gli ambienti domestici siano ampi è raro che vengano acquistate due unità separate. Tra i frigoriferi in commercio sono quelli che offrono la maggiore quantità di accessori interni; oltre ai ripiani infatti si trovano comunemente balconcini porta-bottiglie/porta-uova/porta-salse, ripiani sagomati per il collocamento di ulteriori bottiglie, cassette di diverse altezze con coperchio o senza. Se si prendono in considerazione i prodotti di fascia alta troviamo integrate ulteriori funzioni, come water dispenser, ice dispenser o temperature differenziate per diversi scomparti. All'interno di questa categoria di frigoriferi troviamo anche i "built-in" in cui non sono presenti finiture esterne proprio perché sono progettati per essere incassati in mobili della larghezza standard di 60 centimetri. Vengono quasi sempre acquistati insieme ai mobili della cucina e restano quindi nascosti dietro le ante scelte.

Nella categoria dei mercati di nicchia si possono far rientrare i frigobar per alberghi, frigoriferi di dimensioni ridotte che hanno lo scopo di vendere i prodotti contenuti, quelli da campeggio, con apertura dall'alto e accorgimenti ergonomico-funzionali per il trasporto e le cantine per i vini. In tutti questi casi non è necessario raggiungere temperature estremamente basse. Nel caso dei frigobar e dei frigoriferi per vini è molto frequente l'utilizzo di porte in vetro; lo scopo tuttavia è differente, nel primo caso infatti si tratta di stimolare la percezione per invogliare l'acquisto di bevande, nel secondo caso invece la funzione è puramente comunicativa: il vino ha il compito di comunicare ricercatezza di gusti e status sociale elevato.

## 2.2- Ricerca tecnologica – I sistemi di refrigerazione

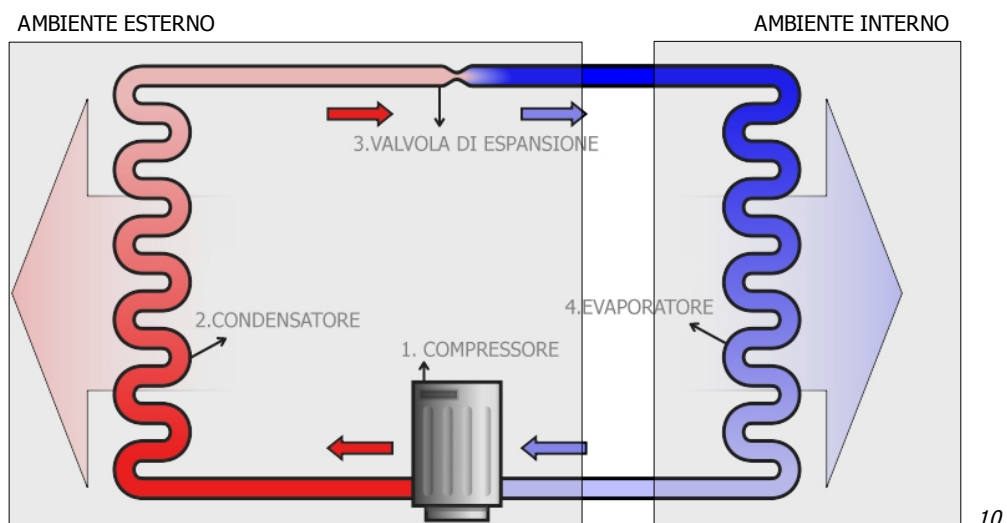
Affrontando la progettazione di un prodotto che utilizza una specifica tecnologia è necessario chiarire da subito come funziona un sistema di refrigerazione, quali sono gli elementi in gioco e quali ingombri essi comportano.

In generale, denominiamo frigorifero un qualsiasi apparato in grado di raffreddare (ovvero togliere calore a) regioni dello spazio ed oggetti. Nell'accezione comune consiste in un compartimento stagno e in un sistema termodinamico che trasferisce il calore dall'interno all'ambiente esterno con la conseguenza di mantenere gli oggetti al suo interno ad una temperatura inferiore a quella ambientale. Il raffreddamento è una tecnica popolare e consolidata per il mantenimento e l'immagazzinamento del cibo e basa il suo funzionamento sul rallentamento della velocità di riproduzione dei batteri. La temperatura che tipicamente si mantiene all'interno del frigorifero è di pochi gradi superiore al punto di congelamento dell'acqua e si pone tra i 3°C e i 5°C.

Le parti fondamentali di un frigorifero a compressore sono cinque:

1. Compressore
2. Regione di scambio termico (tubi, serpentine, ecc.) all'esterno del frigorifero
3. Valvola di espansione
4. Regione di scambio termico (tubi, serpentine, ecc.) all'interno del frigorifero
5. Refrigerante

Il principio è quello di sfruttare l'evaporazione di un liquido per assorbire calore.



*Schema di funzionamento di un sistema frigorifero a compressione di vapore.*

1. Il compressore comprime il refrigerante innalzandone pressione e temperatura. La serpentina esterna permette la dissipazione di tale calore (fase rossa).
  2. Raffreddandosi, il refrigerante torna liquido (fase rosa) e passa per la valvola di espansione.
  3. Attraverso questa, il liquido passa da una condizione di alta pressione ad una di bassa pressione, espandendosi, evaporando (fase blu) e assorbendo calore.
  4. Tale calore arriva dal compartimento (che si raffredda) attraverso la serpentina interna.
- Non è l'unica soluzione possibile, ma sicuramente è la più comune ed utilizzata.

Un refrigerante è una sostanza utilizzata in quei cicli termodinamici che prevedono, per migliorare l'efficienza, una trasformazione di fase liquido-vapore reversibile.

Il refrigerante evapora tipicamente ad una temperatura molto bassa in modo da poter creare l'effetto refrigerante nel frigorifero. Le caratteristiche più importanti di un fluido refrigerante da utilizzarsi in un ciclo a compressione di vapore sono da ricondursi alla necessità di ridurre il più possibile il lavoro del compressore:

- elevata densità (sia gas, sia liquido).
- elevata entalpia di evaporazione (il calore richiesto per vaporizzare una mole di sostanza al suo punto di ebollizione a pressione standard (101.325 Pa) [kJ/mol]).
- elevata capacità termica.
- elevata sicurezza.
- eventuale buona compatibilità a corrosione con le parti meccaniche.

I refrigeranti possono essere:

- naturali (ammoniaca, anidride carbonica, propano, ...).
- artificiali.

Le molecole CFC (cloro-fluoro-carbonio, comunemente dette FREON) vengono utilizzate nei cicli frigoriferi a compressione, in quanto la sostituzione di un atomo di idrogeno con un atomo di fluoro è un'operazione semplice che provoca un aumento di densità, mentre la sostituzione di un atomo di idrogeno con uno di cloro provoca generalmente un aumento dell'entalpia di evaporazione e una riduzione della temperatura di ebollizione.

L'ammoniaca è stata utilizzata fino agli anni '30, ma essendo tossica per l'uomo è stata sostituita (almeno nelle applicazioni domestiche) dai refrigeranti artificiali. Queste molecole non sono tossiche e hanno caratteristiche termodinamiche simili all'ammoniaca, però rovinano lo strato di ozono e quindi sono state anch'esse sostituite a partire dagli anni '80 e '90.

Attualmente, i refrigeranti più utilizzati sono le molecole HFC, dove al posto del cloro si lascia l'idrogeno così da diminuire l'impatto sullo strato di ozono. Un esempio è il gas R-134a.



Queste molecole sono al momento in discussione perché sembra che partecipino significativamente all'innalzamento globale della temperatura, ma ancora poche restrizioni sono state applicate al loro utilizzo.

L'utilizzo di propano (naturale) altamente puro sta guadagnando terreno. Non è tossico, però è inodore (quindi richiede l'aggiunta di un odorante per avvisare in caso di perdite) ed è infiammabile.

Anche l'anidride carbonica CO<sub>2</sub> (naturale) sta prendendo piede: non è infiammabile, non rovina l'ozono e non innalza la temperatura globale. Però è tossica.

I frigoriferi più moderni adottano la tecnologia "No Frost" che evita la formazione di ghiaccio eliminando quindi la necessità della sbrinatoria periodica (ciò avviene mediante un elemento scaldante che opera periodicamente in modo da sciogliere qualsiasi deposito di ghiaccio). Questa tecnologia viene spesso accompagnata da una ventilazione interna del frigorifero. Questi due accorgimenti tecnologici permettono agli alimenti una maggiore durata e una maggiore resistenza alle muffe.

I modelli attuali classificati "Energy Star" utilizzano il 50% in meno di energia rispetto ai modelli prodotti prima del 1993. I modelli ordinari sono ormai abbastanza efficienti. Alcuni di piccole dimensioni utilizzano meno di 0.5 kWh al giorno. Alcuni più grandi, specialmente con grandi freezer, possono arrivare ad utilizzare 4 kWh al giorno.

Tra i vari tipi di frigoriferi, quelli che hanno il freezer sopra al frigo sono più efficienti di quelli che lo hanno sotto (a pari capacità), i quali sono più efficienti di quelli che lo hanno di fianco. I modelli che hanno il dispenser del ghiaccio nella porta sono meno efficienti di quelli che non lo hanno. Il congelatore, detto anche freezer, è un elettrodomestico che serve a congelare il cibo o a mantenerlo in tale stato. La maggior parte dei congelatori ha una temperatura di -18 °C.

Il principio fisico di funzionamento è identico a quello del frigorifero, cercando però un target di temperatura differente.



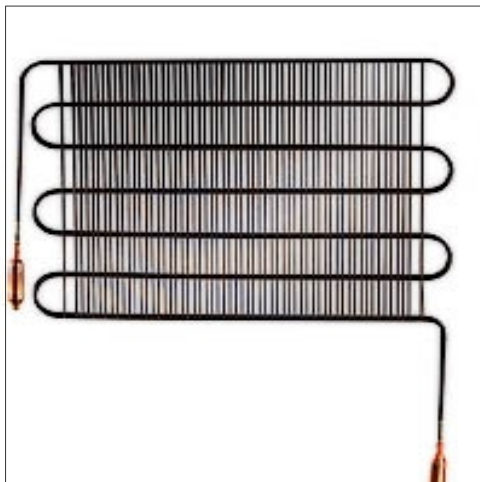
11

*Compressore Ecolux. Quest'immagine rappresenta gli aspetti formalmente salienti di un compressore ad uso domestico per un frigorifero di dimensioni medio-grandi. L'ingombro medio stimato per un compressore è di circa venti centimetri lungo le tre dimensioni.*



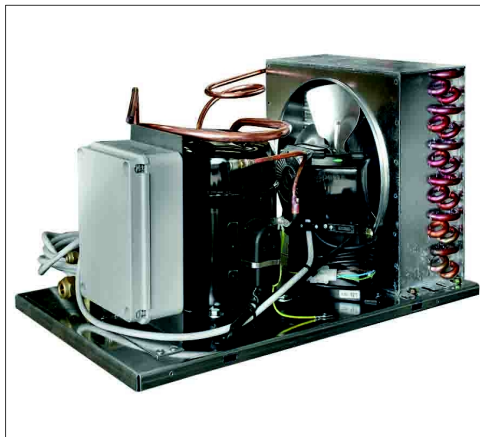
12

*Evaporatore Marcegaglia. In quest'immagine si può vedere un evaporatore tradizionale, costituito da un condotto circolare. La lunghezza e la sezione della serpentina sono scelti in base all'energia richiesta. La forma può variare in base a determinate esigenze spaziali.*



13

*Condensatore Marcegaglia. La serpentina può assumere diverse forme, a seconda dei modelli. Esistono ad esempio condensatori a spirale. Inoltre può essere ventilata per rendere più efficiente lo scambio termico.*



14

*L'immagine mostra l'esempio di una base della lunghezza di 60 centimetri in cui sono alloggiati un compressore e un condensatore alettato ventilato.*

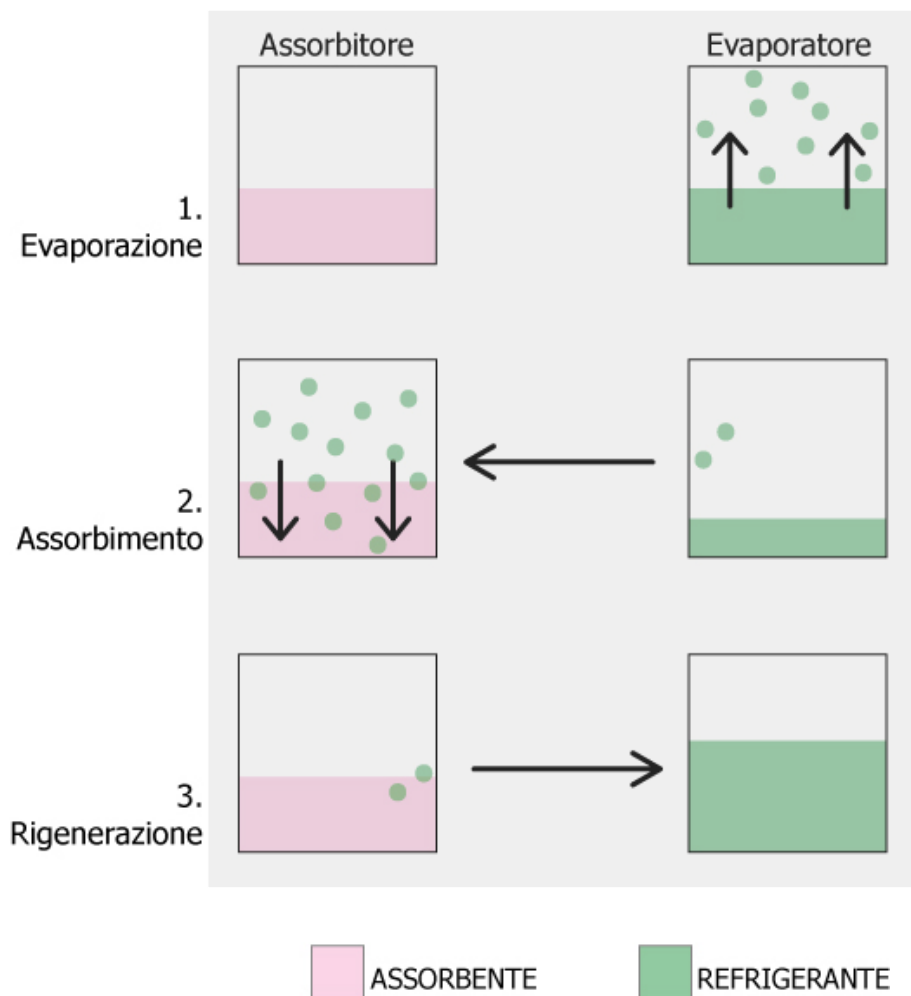
Altre tecnologie di refrigerazione cui vale la pena accennare sono rappresentate dai frigoriferi ad assorbimento e da quelli che sfruttano l'effetto Peltier; in questi casi non c'è la presenza del compressore, per cui le macchine sono più silenziose, fino a zero decibel (in assenza di eventuali ventole); tuttavia le temperature raggiungibili non arrivano sotto gli zero gradi centigradi e i volumi da raffreddare devono essere contenuti; inoltre i consumi energetici di questi frigoriferi sono decisamente più alti.

I frigoriferi ad assorbimento rappresentano però un'alternativa interessante dal momento che

possono funzionare anche dove l'energia elettrica non è presente o è molto costosa. Utilizzano una fonte di calore per fornire l'energia necessaria a far funzionare il sistema di raffreddamento, talvolta anche il calore in eccesso proveniente da altre fonti come turbine di scarico, processi industriali o impianti solari. Un esempio sono i frigoriferi per i camper che sfruttano la combustione del petrolio come fonte di energia.

Il ciclo di raffreddamento ad assorbimento si può descrivere in tre fasi:

- Evaporazione: un refrigerante liquido (ammoniaca) evapora in un ambiente a bassa pressione raffreddandosi ed estraendo calore dal compartimento da raffreddare.
- Assorbimento: il gas viene assorbito e liquefatto in un altro liquido (ad esempio acqua) riducendo ulteriormente la pressione nell'evaporatore e facendo così evaporare tutta l'ammoniaca.
- Rigenerazione: il liquido (acqua + ammoniaca) viene riscaldato in modo che l'ammoniaca, evaporando, si separi da esso. Viene poi condensato in uno scambiatore di calore cosicché il ciclo possa iniziare nuovamente.



15

*Schema di funzionamento di un sistema frigorifero ad assorbimento.*

## 2.3- Ricerca approfondita.

Una volta osservato quale è lo stato dell'arte e quali sono le principali categorie di frigoriferi, possiamo sceglierne una ed approfondire la ricerca.

Nel nostro caso la scelta è ricaduta sui frigoriferi domestici, per vari motivi. Innanzitutto perché, utilizzandoli tutti i giorni, abbiamo ben presente l'interazione con questo elettrodomestico, inoltre questi prodotti, nelle loro varianti, sono facilmente osservabili perché esposti in molti punti vendita e infine perché sono la fascia di mercato in cui opera il gruppo Indesit.

### Frigorifero combinato.

16



Funzioni: frigorifero / congelatore  
Temperature: 0°C / -18°C  
Altezza: da 150 a 200 cm  
Larghezza: 54 - 70 cm

### Frigorifero doppia porta.

17



Funzioni: frigorifero / congelatore  
Temperature: 0°C / -18°C  
Altezza: fino a 180 cm  
Larghezza: 54 - 70 cm

### **Frigorifero monoporta.**



18

Funzioni: frigorifero / congelatore

Temperature: 0°C / -18°C

Altezza: fino a 180 cm

Larghezza: 54 - 60 cm

### **Frigorifero sotto tavolo.**



19

Funzioni: frigorifero

Temperature: 0°C

Altezza: fino a 85 cm

Larghezza: 54 - 60 cm

### **Frigorifero side by side.**



20

Funzioni:

frigorifero / congelatore / water-ice dispenser

Temperature: 0°C / -18°C

Altezza: fino a 200 cm

Larghezza: 90 cm

### **Frigorifero a cassettoni.**



21

Funzioni: frigorifero  
Temperature: 0°C  
Altezza: 85 cm circa  
Larghezza: 90 cm

### **Frigorifero tre/quattro porte.**

22



Funzioni: frigorifero / congelatore  
Temperature: 0°C / -18°C  
Altezza: fino a 200 cm  
Larghezza: 70 cm

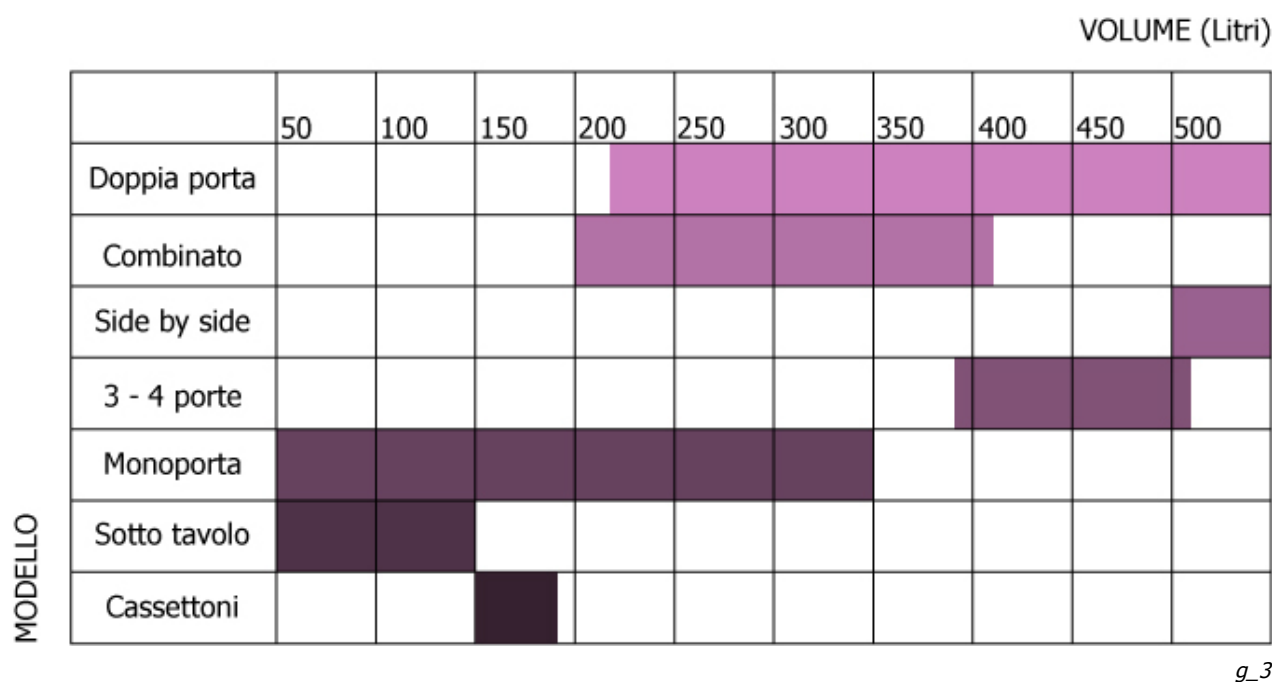
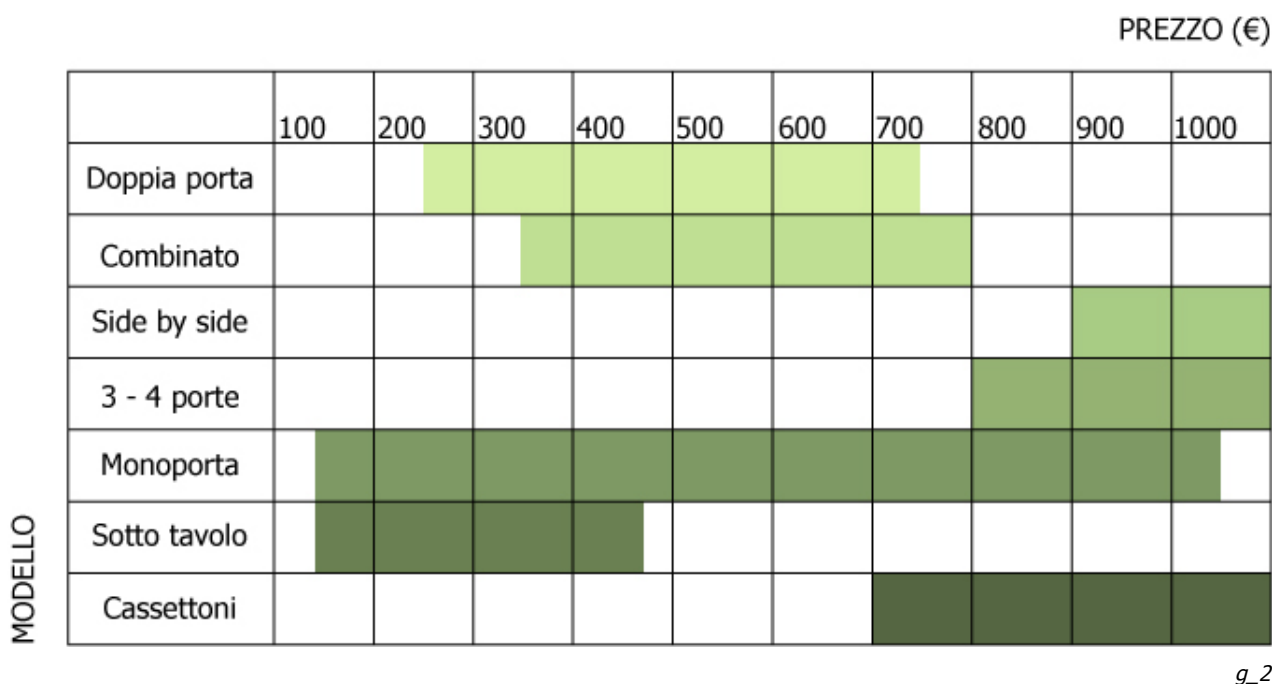
I frigoriferi destinati agli ambienti domestici prevedono tradizionalmente un andamento verticale della struttura e un rapporto frontale con l'essere umano. La scelta di sfruttare lo spazio in altezza, all'interno delle case, è sensata perché ottimizza l'occupazione del suolo. Un'altra possibile distribuzione spaziale è quella orizzontale, in questa soluzione il contenuto del frigorifero viene visto dall'alto anziché frontalmente. E' quello che accade, ad esempio, nel frigorifero a cassettoni e, partendo dal presupposto che tutti i frigoriferi domestici hanno una profondità di circa 60 centimetri, standard derivante dall'arredo cucina, i vantaggi consistono, in questo caso, nell'utilizzo più efficiente di questa profondità.

Il frigorifero a quattro porte unisce queste due possibili disposizioni in un unico elettrodomestico: il congelatore, sotto, è a cassettoni, il frigorifero, sopra, ha una o due normali ante. Ritengo che questo prodotto sia un buon compromesso perché racchiude gli aspetti positivi delle altre soluzioni, infatti, anche cronologicamente, è successivo agli altri. La

larghezza è di 70 centimetri, una via di mezzo in effetti tra il combinato e il side by side. Ha un congelatore a cassettoni con guide telescopiche, soluzione migliore rispetto ai tre cassetti interni del combinato e, nella parte superiore, una doppia anta che riduce l'ingombro durante l'apertura e apre nuove possibilità di accessorizzazione per l'interno delle porte.

Altri aspetti da tenere in considerazione in questa fase di ricerca sono il volume interno dell'elettrodomestico, misurato in litri, la distribuzione degli spazi interni e la presenza o meno del freezer e di funzioni accessorie in relazione al prezzo di mercato.

Per questo tipo di valutazione farò ricorso a dei grafici.



PREZZO (€)

	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Solo frigo										
Congelatore										
Statico										
No Frost										
Display										
Comandi elettronici										
Water/Ice dispenser										

g\_4

Osservando i grafici si possono fare ulteriori considerazioni sul funzionamento e sulle tendenze nei frigoriferi domestici.

Dai primi due grafici si può vedere subito che i frigoriferi più costosi sono i "side by side" e i "3-4 porte". Questi modelli superano facilmente i mille euro, arrivando anche a tre o quattromila euro nelle versioni maggiormente accessoriate. Questa caratteristica sembra essere apparentemente proporzionale alla dimensione, in litri, del frigorifero e ciò è vero, ma non in maniera assoluta; infatti, guardando il secondo grafico, è possibile notare l'esistenza di tradizionali "doppia porta" altrettanto capienti e meno costosi. Lo stesso vale, ad esempio, per i "monoporta": costano meno perché sono più piccoli, ma allo stesso tempo è possibile trovarne di molto costosi così come di molto capienti. Il costo quindi non è sempre un indicatore oggettivo del valore di una prestazione offerta.

Le celle vengono distribuite in diversi modi: frigorifero sopra e congelatore sotto, frigorifero sotto e congelatore sopra, frigorifero a destra e congelatore a sinistra. Non esiste una distribuzione migliore delle altre; la scelta in questo caso dipende dalle preferenze del singolo cliente. Certamente è migliore, dal punto di vista ergonomico, avere dei cassetti nella zone più vicine al suolo; tuttavia bisogna anche considerare che frigoriferi che prevedono questa soluzione hanno un prezzo che parte da quasi mille euro. I frigoriferi a cassettoni costano meno ma non poco e hanno lo svantaggio di non sfruttare lo spazio in altezza ma di utilizzarne molto orizzontale, con una larghezza standard di novanta centimetri.

Per quanto riguarda i litri invece è possibile notare che ci sono modelli che hanno una sorta di volume dedicato come nel caso dei "side by side" o del frigorifero a cassettoni, ma anche nei "3-4 porte" e nei "sotto tavolo" e modelli, come i "combinati", i "monoporta" e i "doppia



porta", che sono invece più trasversali nella copertura dei diversi volumi.

Nelle funzioni che questi elettrodomestici offrono bisogna distinguere innanzitutto tra quelli che integrano la funzione di congelamento e quelli che sono solo dei frigoriferi. Anche in questo caso ovviamente la scelta di avere frigo e freezer in un unico elettrodomestico o meno dipende dalle preferenze e dalle possibilità spaziali di ciascun cliente. La funzione "no-frost" invece merita un discorso a parte: in commercio esistono vari tipi di frigoriferi che si distinguono tra di loro anche per il tipo di sistema di raffreddamento adottato. Questo infatti può essere statico o, appunto, "no-frost". Il "no-frost", a sua volta, può essere un "no-frost" totale (frigo e congelatore) o parziale (solo congelatore). Questa tecnologia consiste nel far circolare dell'aria refrigerata all'interno dei vani in maniera "forzata". Il sistema "no-frost" è una tecnologia di refrigerazione che è utilizzata anche nei frigoriferi, ma che trova i suoi maggiori vantaggi nei congelatori. In un'apparecchiatura con un congelatore di questo tipo esiste un sistema di ventilazione forzata che, attraverso appropriate canalizzazioni, permette al "freddo" di raggiungere velocemente ogni scomparto e di distribuirsi in modo uniforme all'interno del vano. La brina non si forma né sulle pareti né sui ripiani e con il tempo non vi è più la formazione di ghiaccio tipica dei congelatori tradizionali che obbliga ad intervenire periodicamente per sbrinare l'apparecchio. Inoltre, non avendo più l'accumulo di brina sui ripiani, le prestazioni in termini di consumo di energia rimangono costanti nel tempo e gli alimenti si congelano velocemente. Nei combinati definiti "no-frost" totali il sistema di ventilazione forzata porta l'aria "fredda" anche nello scompartimento frigo. In questo modo il freddo si ripartisce uniformemente nel vano garantendo la stessa temperatura in ogni ripiano. Esistono poi dei frigoriferi tradizionali (statici) ai quali è abbinata una ventilazione. In questo modo l'aria viene spinta delicatamente verso gli alimenti garantendo una uniformità delle temperature nei diversi ripiani, come avviene nei "no-frost", ma con un contenuto di umidità superiore e più appropriato per la conservazione di alimenti freschi come frutta e verdura.

In definitiva il vano congelatore "no-frost" è particolarmente utile nel caso che sia previsto un utilizzo frequente del freezer non solo come conservazione di surgelati ma anche come congelamento di alimenti freschi. Il vantaggio universale, invece, è che ci permette di evitare l'operazione di sbrinamento. Per quanto riguarda il vano frigo, la tecnologia "no-frost" è ideale nel caso di un consumo prevalente di alimenti confezionati, ma non indispensabile.

Tutte le altre funzioni accessorie (display, comandi "touch screen", water dispenser, tritaggiaccio) vanno di pari passo con la crescita di prezzo e di volume del frigo, in effetti è quasi impossibile trovare dei frigoriferi che abbiano, all'esterno, un display e che costino meno di cinquecento euro. Questo non succede perché un display o un tritaggiaccio abbiano un costo alto in sé, ma perché avvicinano il prodotto alla categoria del lusso.

## **2.4- Identificazione della fascia di mercato utile.**

Fatte queste considerazioni, ho scelto di concentrare il mio progetto nella fascia medio-bassa, ho scelto cioè di progettare un frigorifero che abbia un prezzo finale che non superi i seicento euro, che abbia le caratteristiche prestazionali di questa fascia di prodotti e una semplificazione tale che ne permetta il costo limitato. Le giustificazioni per questa scelta sono la conseguenza di fattori ragionati:

- Dall'analisi fatta risulta che i prodotti di questa fascia siano poco caratterizzati esteticamente e tutti entro standard dimensionali non indispensabili.
- L'innovazione in questa gamma di prodotti è bassa, mentre si assiste alla proliferazione di frigoriferi destinati al mercato del lusso e ad una accessorizzazione non sempre necessaria.

### 3- Analisi delle specifiche di prodotto.

In questo capitolo andremo ad analizzare e ad esplicitare le specifiche di prodotto. Le specifiche sono caratteristiche precise richieste al prodotto e sono composte da una **metrica** ed un **valore**.

$$\text{specifica} = \text{metrica} + \text{valore}.$$

Per **metrica** intendiamo una caratteristica misurabile quantitativamente e che quindi possiede un unità di misura oppure esplicabile tramite un voto oppure una booleana che indica la presenza o meno della caratteristica espressa (si/no).

Il **valore** esprime, come appena detto la caratteristica. Esso può essere ricavato dai prodotti esistenti tramite un'analisi tecnica e prove apposite, oppure può essere fornito direttamente dal costruttore del prodotto.

Nelle fasi successive, vedremo il processo che porta a ricavare le **specifiche obiettivo** del prodotto che andremo a riprogettare. Per prima cosa andremo ad identificare i **requisiti dell'utente** della fascia di mercato selezionata. Questi requisiti vengono esplicitati solitamente dal cliente, non sotto forma di dati ma sotto forma di richieste di feedback tra cliente e prodotto, come ad esempio: l'oggetto deve essere resistente, sicuro, economico, leggero. Si dovrà procedere quindi trasformando i requisiti del cliente in metriche:

*es.: oggetto economico => prezzo di vendita al pubblico [€]*

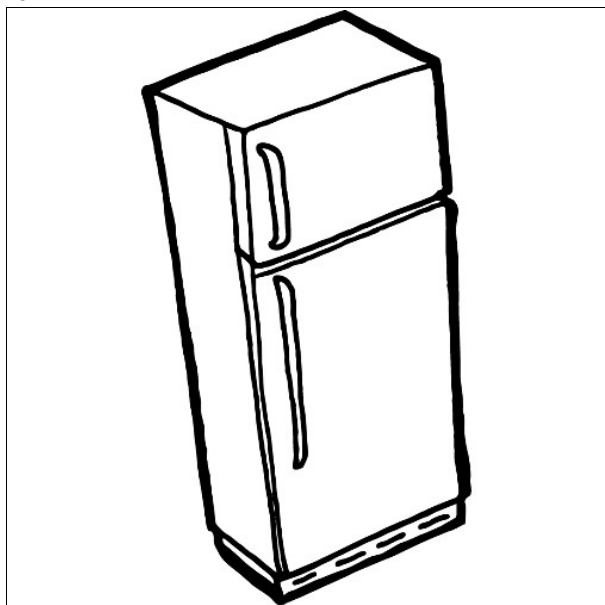
Dopo questa fase di trasformazione potremo andare a fare un benchmark tra i prodotti che interessano la fascia di mercato scelta ed un confronto tra metriche e requisiti che metterà a confronto i valori tra i prodotti in campo e ci aiuterà a scegliere le **specifiche obiettivo** del nostro progetto.

Le specifiche obiettivo saranno divise in accettabili (minime) ed ideali così da avere un intervallo di valori all'interno dei quali far rientrare le caratteristiche del progetto. Alla fine del processo di Engineering avremo le risultanti **specifiche finali**, che dovranno rispettare il più possibile i valori dati dalle specifiche obiettivo.

### 3.1- Identificazione dei requisiti dell'utente.

Andremo ora ad esplicitare i requisiti richiesti dal possibile acquirente ai prodotti della fascia selezionata.

23



- Frigorifero in fascia media / medio-bassa
- Frigorifero statico o ventilato
- Funzione congelatore
- Congelatore statico
- Sfrutta lo spazio in altezza
- Ha un volume medio
- Ha uno spazio dedicato alle bottiglie
- Non si ribalta
- E' fatto di materiali durevoli.

#### Requisiti

- Frigorifero in fascia media / medio-bassa
- Frigorifero statico o ventilato
- Funzione congelatore
- Congelatore statico
- Sfrutta lo spazio in altezza
- Ha un volume medio
- Ha uno spazio dedicato alle bottiglie
- Non si ribalta
- E' fatto di materiali durevoli

#### Metriche

- Prezzo [€]
- [Sì/No]
- [Sì/No]
- [Sì/No]
- Altezza [cm]
- Litri
- [Sì/No]
- Peso [Kg]
- [Sì/No]

### 3.2- Benchmark fra i prodotti esistenti.

Durante questa prima fase di benchmark elencheremo i prodotti direttamente concorrenti facenti parte della fascia scelta in precedenza e le loro caratteristiche principali al fine di avere dei dati di confronto.

24



- **Brand:** Samsung
- **Modello:** RL 23 THCTS - Combinato
- **Prezzo indicativo:** 299,00 €
- **Dimensioni:** L x A x P: 59,5 x 147,5 x 61,1 cm
- **Tecnologia Raffreddamento:** Statico
- **Litri Frigorifero:** 170 litri
- **Litri Freezer:** 49 litri
- **Accessori:** Cassetto, balconcini, ripiani
- **Estetica:** High-tech - silver

25



- **Brand:** Indesit
- **Modello:** NBAA 131V - Combinato
- **Prezzo indicativo:** 339,00 €
- **Dimensioni:** L x A x P: 60 x 187 x 65,5 cm
- **Tecnologia Raffreddamento:** Statico con ventilatore
- **Litri Frigorifero:** 214 litri
- **Litri Freezer:** 92 litri
- **Accessori:** balconcini, portauova, ripiani, cassette
- **Estetica:** Tradizionale - bianco

26



- **Brand:** Whirlpool
- **Modello:** WBE3413A - Combinato
- **Prezzo indicativo:** 399,00 €
- **Dimensioni:** L x A x P: 59,5 x 189,5 x 64 cm
- **Tecnologia Raffreddamento:** Statico con ventilatore
- **Litri Frigorifero:** 227 litri
- **Litri Freezer:** 119 litri
- **Accessori:** balconcini, portauova, ripiani, cassette
- **Estetica:** Tradizionale - bianco

27



- **Brand:** Indesit
- **Modello:** BIAA 12F - Combinato
- **Prezzo indicativo:** 449,00 €
- **Dimensioni:** L x A x P: 60 x 175 x 65,5 cm
- **Tecnologia Raffreddamento:** No Frost
- **Litri Frigorifero:** 182 litri
- **Litri Freezer:** 73 litri
- **Accessori:** balconcini, portauova, ripiani, cassetti
- **Estetica:** Tradizionale - bianco

28



- **Brand:** Smeg
- **Modello:** FC340XPNF - Combinato
- **Prezzo indicativo:** 599,00 €
- **Dimensioni:** L x A x P: 59,4 x 185 x 61,4 cm
- **Tecnologia Raffreddamento:** No Frost
- **Litri Frigorifero:** 228 litri
- **Litri Freezer:** 90 litri
- **Accessori:** balconcini, portauova, ripiani, cassetti
- **Estetica:** High-tech - silver

29



- **Brand:** Ignis
- **Modello:** DPA 26/1 - Doppia Porta
- **Prezzo indicativo:** 239,00 €
- **Dimensioni:** L x A x P: 54 x 144 x 60 cm
- **Tecnologia Raffreddamento:** Statico
- **Litri Frigorifero:** 187 litri
- **Litri Freezer:** 48 litri
- **Accessori:** balconcini, ripiani, cassetti
- **Estetica:** Tradizionale - bianco

30



- **Brand:** Whirlpool
- **Modello:** ARC2353 - Doppia Porta
- **Prezzo indicativo:** 299,00 €
- **Dimensioni:** L x A x P: 55 x 143 x 58 cm
- **Tecnologia Raffreddamento:** Statico
- **Litri Frigorifero:** 171 litri
- **Litri Freezer:** 41 litri
- **Accessori:** balconcini, ripiani, cassette, portauova
- **Estetica:** Tradizionale - bianco

31



- **Brand:** Samsung
- **Modello:** RT 45 JSTS - Doppia Porta
- **Prezzo indicativo:** 519,00 €
- **Dimensioni:** L x A x P: 67,5 x 177,2 x 66,0 cm
- **Tecnologia Raffreddamento:** No Frost
- **Litri Frigorifero:** 256 litri
- **Litri Freezer:** 99 litri
- **Accessori:** balconcini, ripiani, cassette, portauova
- **Estetica:** High-tech - silver

32



- **Brand:** Samsung
- **Modello:** RT 59 ZBMT - Doppia Porta
- **Prezzo indicativo:** 599,00 €
- **Dimensioni:** L x A x P: 77,2 x 173,8 x 76,7 cm
- **Tecnologia Raffreddamento:** No Frost
- **Litri Frigorifero:** 344 litri
- **Litri Freezer:** 132 litri
- **Accessori:** balconcini, ripiani, cassette, display, led
- **Estetica:** High-tech - silver

33



- **Brand:** Whirlpool
- **Modello:** ARC 104 - Monoporta
- **Prezzo indicativo:** 219,00 €
- **Dimensioni:** L x A x P: 54 x 84,5 x 58 cm
- **Tecnologia Raffreddamento:** Statico
- **Litri Frigorifero:** 103 litri
- **Litri Freezer:** 15 litri
- **Accessori:** balconcini, ripiani, cassetto
- **Estetica:** Tradizionale - Bianco

34



- **Brand:** Rex
- **Modello:** RRC 24301 - Monoporta
- **Prezzo indicativo:** 399,00 €
- **Dimensioni:** L x A x P: 55 x 125 x 61 cm
- **Tecnologia Raffreddamento:** Statico
- **Litri Frigorifero:** 213 litri
- **Litri Freezer:** 18 litri
- **Accessori:** balconcini, ripiani, cassetto
- **Estetica:** High-Tech - Silver

35



- **Brand:** Hotpoint Ariston
- **Modello:** SDS 1521/HA1 - Monoporta
- **Prezzo indicativo:** 479,00 €
- **Dimensioni:** L x A x P: 60 x 150 x 65 cm
- **Tecnologia Raffreddamento:** Statico
- **Litri Frigorifero:** 288 litri
- **Litri Freezer:** -
- **Accessori:** balconcini, ripiani, cassetto
- **Estetica:** Tradizionale - Bianco



36



- **Brand:** Smeg
- **Modello:** FAB10RO - Monoporta
- **Prezzo indicativo:** 699,00 €
- **Dimensioni:** L x A x P: 54,3 x 96 x 63,2 cm
- **Tecnologia Raffreddamento:** Statico
- **Litri Frigorifero:** 101 litri
- **Litri Freezer:** 13 litri
- **Accessori:** balconcini, ripiani, cassetto
- **Estetica:** Retrò - Multicolore

37



- **Brand:** Haier
- **Modello:** HFN-136AA - Monoporta
- **Prezzo indicativo:** 199,00 €
- **Dimensioni:** L x A x P: 57 x 84,5 x 54,7 cm
- **Tecnologia Raffreddamento:** Statico
- **Litri Frigorifero:** - litri
- **Litri Freezer:** 86 litri
- **Accessori:** Cassetti
- **Estetica:** Tradizionale - Bianco











38



- **Brand:** Haier
- **Modello:** BD-203-GAA - A pozzo
- **Prezzo indicativo:** 219,00 €
- **Dimensioni:** L x A x P: 94 x 84,5 x 56 cm
- **Tecnologia Raffreddamento:** Statico
- **Litri Frigorifero:** - litri
- **Litri Freezer:** 205 litri
- **Accessori:** Cestelli in metallo
- **Estetica:** Tradizionale - Bianco

### 3.3- Benchmark delle metriche e dei requisiti.











Ora si andrà ad effettuare un benchmark tra i prodotti selezionati più approfondito, mettendo a confronto tra di loro le relative metriche che sono state ricavate nelle pagine precedenti dai requisiti del cliente.

	SAMSUNG RL 23 THCTS	WHIRLPOOL WBE3413A	INDESIT BIAA 12F	IGNIS DPA 26/1	SAMSUNG RT 45 JSTS	WHIRLPOOL ARC 104	REX RRC 24301	SMEG FAB10RO	HOTPOINT SDS 1521/HA1	HAIER BD-203-GAA
METRICA										
PREZZO AL PUBBLICO	299,00 €	399,00 €	449,00 €	239,00 €	519,00 €	219,00 €	399,00 €	699,00 €	479,00 €	+ 219,00 €
STATICO + VENTILAZIONE	No	Sì	Sì	No	No	No	No	No	No	No
CONGELATORE	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	No	+ Sì
NO FROST	No	No	Sì	No	Sì	No	No	No	No	No
SFRUTTAMENTO SPAZIO VERTICALE	147,5 cm	189,5 cm	175 cm	144 cm	177,2 cm	84,5 cm	125 cm	96 cm	150 cm	84,5 cm
VOLUME	170 + 49 [L]	227 + 119 [L]	182 + 73 [L]	187 + 48 [L]	256 + 99 [L]	103 + 15 [L]	213 + 18 [L]	101 + 13 [L]	288 [L]	+ 205 [L]
SPAZIO PER BOTTIGLIE	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	+ No
ASPETTO GRADEVOLE	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì

t\_1

Una volta finito il confronto tra le metriche delle specifiche di interesse, possiamo dare dei voti che rispecchino quanto l'oggetto rispetta i requisiti esplicitati precedentemente. I voti sono espressi in maniera da avere una lettura veloce:

\* = Scarso    \*\* = Sufficiente    \*\*\* = Buono    \*\*\*\* = Ottimo

	SAMSUNG RL 23 THCTS	WHIRLPOOL WBE3413A	INDESIT BIAA 12F	IGNIS DPA 26/1	SAMSUNG RT 45 JSTS	WHIRLPOOL ARC 104	REX RRC 24301	SMEG FAB10RO	HOTPOINT SDS 1521/HA1	HAIER BD-203-GAA
REQUISITO										
OGGETTO ECONOMICO	****	***	**	****	*	****	***	*	**	****
CREA UN FREDDO OMOGENEO	***	****	****	***	****	***	***	***	***	**
CONGELATORE	****	****	****	****	****	****	****	****	**	****
FREEZER FACILE DA SBRINARE	**	**	****	**	****	**	**	**	**	**
SFRUTTA SPAZIO VERTICALE	***	****	****	***	****	*	**	*	***	*
E' CAPIENTE	***	****	***	***	****	**	***	**	****	****
E' ACCESSORIATO	***	***	***	***	****	***	***	***	***	***
ASPETTO GRADEVOLE	****	***	***	**	****	***	***	***	***	**

t\_2

Questo confronto pesato ci potrà aiutare nella prossima fase a scegliere le specifiche obiettivo del nostro progetto confrontando le metriche rilevate ed i risultanti voti nel rispetto dei requisiti del cliente.

### 3.4- Scelta delle specifiche obiettivo.

Si andranno ora ad esprimere le specifiche obiettivo. Questo punto è molto importante ai fini di una buona progettazione, perchè la definizione di queste specifiche significa sia porre "valori obiettivo" al progetto ma anche valori limite minimi che il prodotto finale dovrà rispettare. Come si può osservare da tabella abbiamo 2 tipi di specifiche obiettivo, quelle accettabili che esprimono il limite minimo e quelle ideali che esprimono il valore ottimale al quale il nostro progetto può aspirare.

METRICA	ACCETTABILE	IDEALE
PREZZO AL PUBBLICO	449,00 €	239,00 €
STATICO + VENTILAZIONE	No	Sì
CONGELATORE	No	Sì
NO FROST	No	Sì
ALTEZZA	175 cm	200 cm
VOLUME	150 + 30 [L]	200+ 70 [L]
SPAZIO PER BOTTIGLIE	Sì	Sì
ASPETTO GRADEVOLE	Sì	Sì

t\_3

Gli obiettivi sono stati così formalizzati, per proseguire con le scelte progettuali dovremo sempre tener conto di questi valori e di cosa comportano.

## 4- Reverse engineering.

Dopo aver svolto la fase di ricerca e di confronto dati tramite benchmark, è giunto il momento di addentrarsi nella parte più corposa del progetto. Il **reverse engineering** è una componente fondamentale ai fini della riprogettazione, infatti durante questa fase si avrà un primo approccio più sperimentale ed analitico all'oggetto che si andrà a riprogettare.

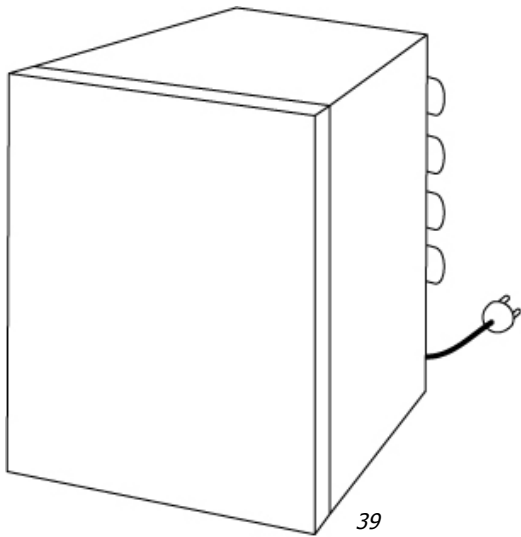
Il **reverse engineering** è definibile come: esame di un dispositivo, oggetto o sistema esistente tramite un processo di analisi dei suoi principi tecnologici e delle sue strutture, funzioni ed operazioni. Esso comprende la ricerca di informazioni, l'osservazione ed il disassemblaggio dell'oggetto in questione ed un'analisi dettagliata delle funzioni di sottoassiemi e componenti.

L'importanza del reverse engineering nel processo di progettazione è fondamentale innanzitutto perché esso comporta un importante strumento di ispirazione per il progettista, gli permette di capire come altri progettisti hanno affrontato prima di lui lo stesso problema e fornisce indicazioni utili sulle specifiche, sia di prodotto che di produzione, soluzioni tecniche e mette in evidenza problemi progettuali ( funzionali e tecnologici) che potrebbero presentarsi durante le fasi successive.

### Le Fasi del reverse engineering.

- **Investigazione:** durante questa fase l'oggetto è osservato inizialmente dall'esterno, questa ispezione superficiale ha l'obiettivo di mettere in chiaro gli input e gli output. Successivamente l'investigazione prevede il disassemblaggio del prodotto. Questa pratica permette di comprenderne il grado di complessità, riconoscerne i sottoassiemi e le relative funzioni al fine di poter ragionare meglio sulle scelte progettuali.
- **Sviluppo di un modello progettuale:** è uno sviluppo di ciò che viene osservato durante la fase investigativa; viene sviluppato un modello che consente di capire la complessità dei singoli elementi e l'interazione fra essi. La modellazione può essere 2D, 3D tramite sistemi CAD oppure può comportare la costruzione di veri e propri prototipi.
- **Analisi progettuale:** può comprendere sia lo studio dei modelli e prototipi sviluppati precedentemente sia una ricerca brevettuale. Attraverso lo studio dei modelli si può arrivare ad ottimizzare le interazioni tra componenti e/o sistemi, mentre la ricerca brevettuale è uno step importante per capire il funzionamento di prodotti simili, osservarne le soluzioni tecniche e prendere spunti molto importanti ai fini del progetto.

## 4.1- Investigazione.

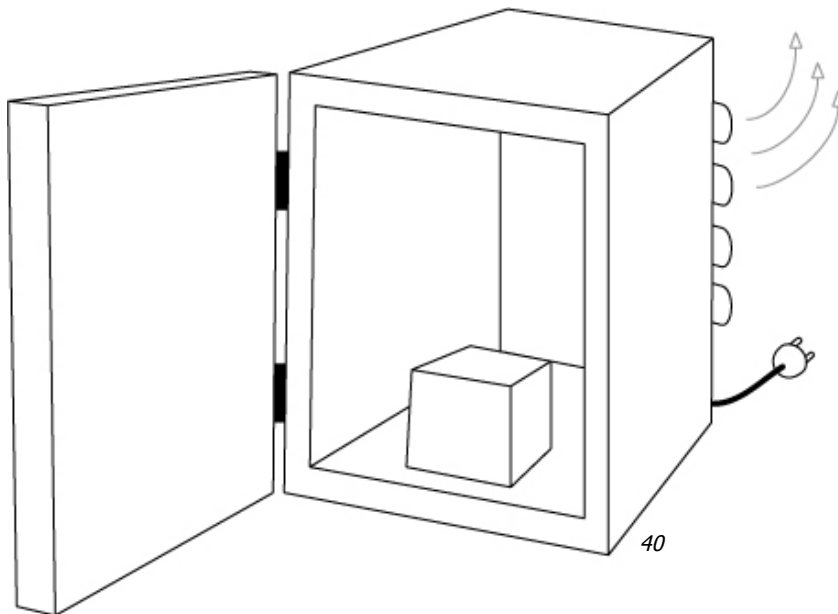


### **Input:**

- Elettricità.
- Apertura cella/ inserimento solidi o liquidi/ chiusura cella.

### **Output:**

- Emissione di aria "calda" proveniente dallo scambiatore termico.
- Apertura cella/ estrazione solidi o liquidi/ chiusura cella.



Attraverso questa prima osservazione esterna abbiamo già identificato alcuni aspetti sul frigorifero fondamentali nella fase di progettazione, abbiamo visto cioè che questo elettrodomestico prevede due interazioni con l'ambiente esterno: necessita infatti di energia elettrica, quindi di una vicina presa di corrente, ed emette aria calda attraverso uno scambiatore di calore esterno.

### 4.1.1- Identificazione dei gruppi funzionali.

Nella prima fase l'oggetto verrà aperto per poter osservare come è assemblato e quali sono i gruppi funzionali che compongono il sistema, mentre nella seconda fase verrà disassemblato completamente per poter osservare ogni singolo pezzo.

#### L'esterno e l'interno.

41



**Lamiera esterna:**

- Acciaio - funzione estetica.

**Ripiano:**

- vetro con profilo in materiale polimerico.

**Cassetti e balconcini:**

- Polistirene stampato a iniezione.



**Blocco luce.**

**Ventola.**

**Cella interna (frigorifero):**

- Polistirene termoformato.

42



43

**Circuito termodinamico (compressione vapore):**

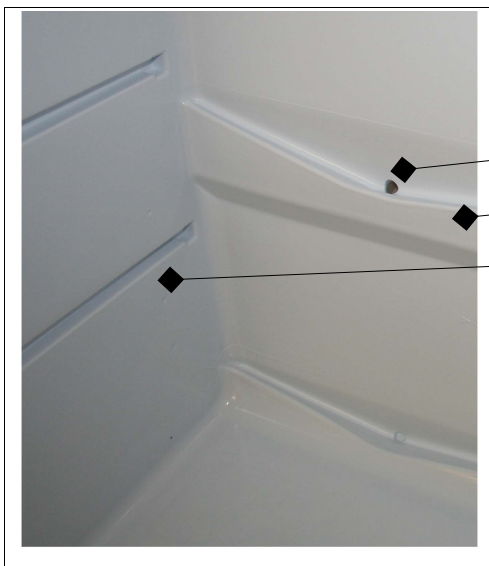
- Condensatore.

**Tubo scarico acqua.**

**Vaschetta raccogli gocce.**

**Circuito termodinamico (compressione vapore):**

- Compressore.



44

**Cella interna (frigorifero):**

- Foro di scarico condensa.
- Canale d'invito per il raccoglimento gocce.
- Binari per ripiani ottenuti con il processo di termoformatura della cella.



45

**Cella interna (freezer):**

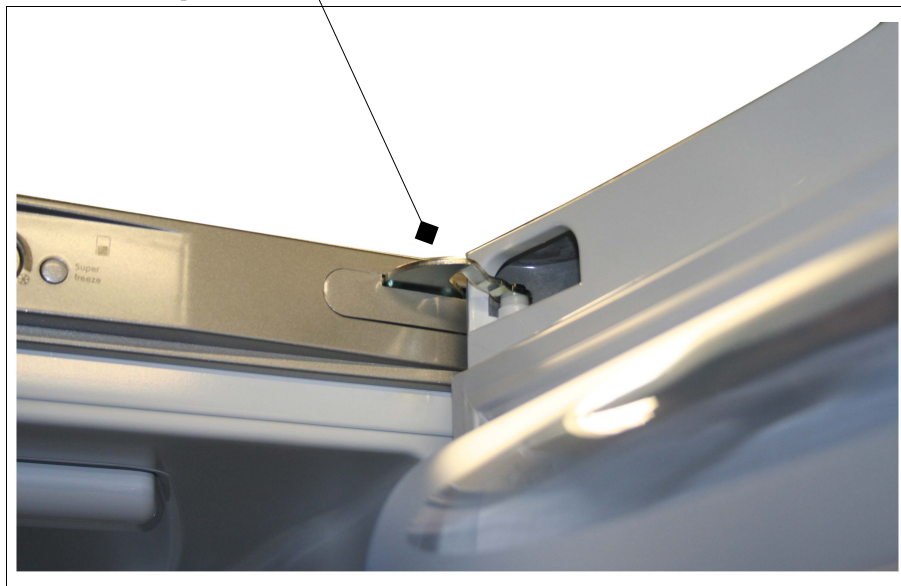
- Polistirene termoformato.

**Circuito termodinamico (compressione vapore):**

- Evaporatore: questo tratto del circuito, oltre a refrigerare, forma dei ripiani all'interno del freezer.

## Porte e cerniere.

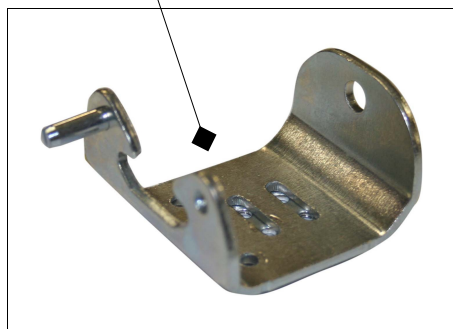
**Cerniera superiore.**



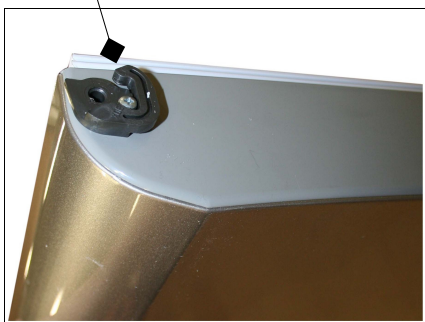
**Cerniera inferiore.**



**Cerniera (sup/inf).**



**Cuscinetto.**





### Cerniera centrale.



50



51

### Porta (frigorifero)

- Parete interna termoformata con dettagli per l'incastro dei balconcini.
- Guarnizione. Elastomero - Funzione isolante.
- Lamiera estetica esterna.

## Disassemblaggio.

**Base superiore.**



52

**Base inferiore con piedini. Fori montaggio cerniera inf.**



53



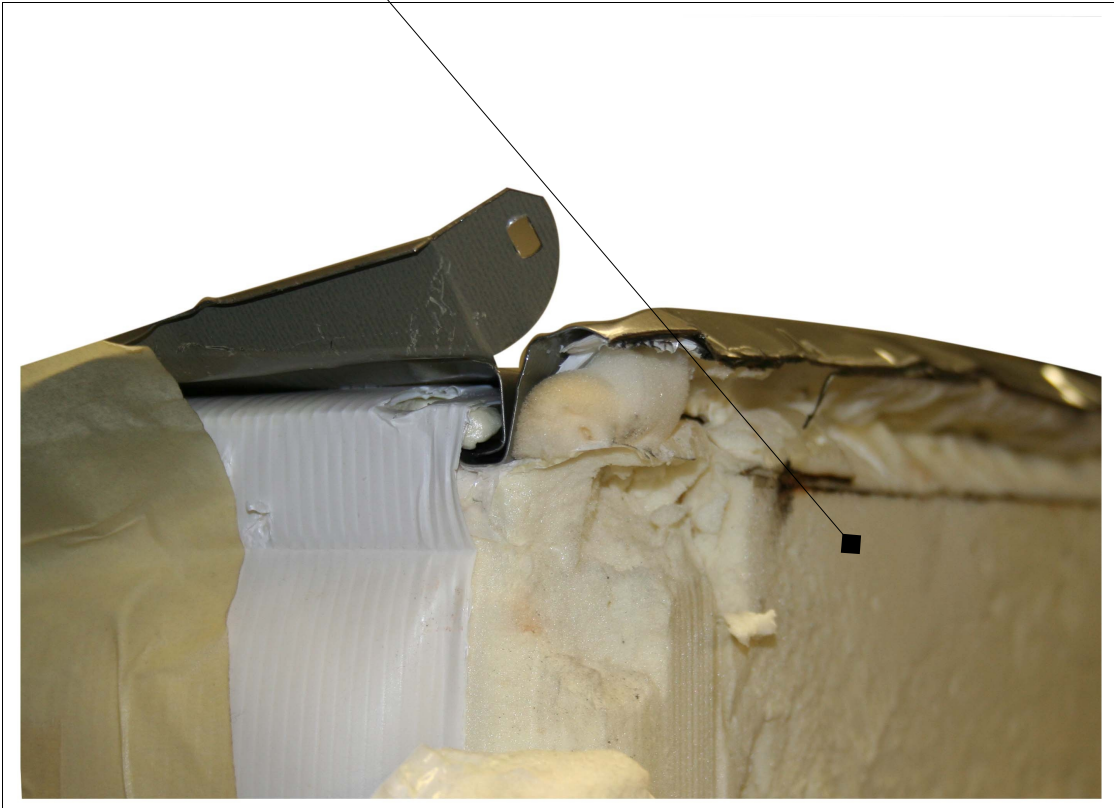
54

### **Base superiore:**

- Fori montaggio cerniera superiore
- Uscita cavi elettricità (display, gruppo luce)
- Maschera copri-cerniera/ Cornice pulsanti elettronici.

### Schiumatura interna.

- Poliuretano espanso - funzione isolante e strutturale.



55

### Base inferiore.

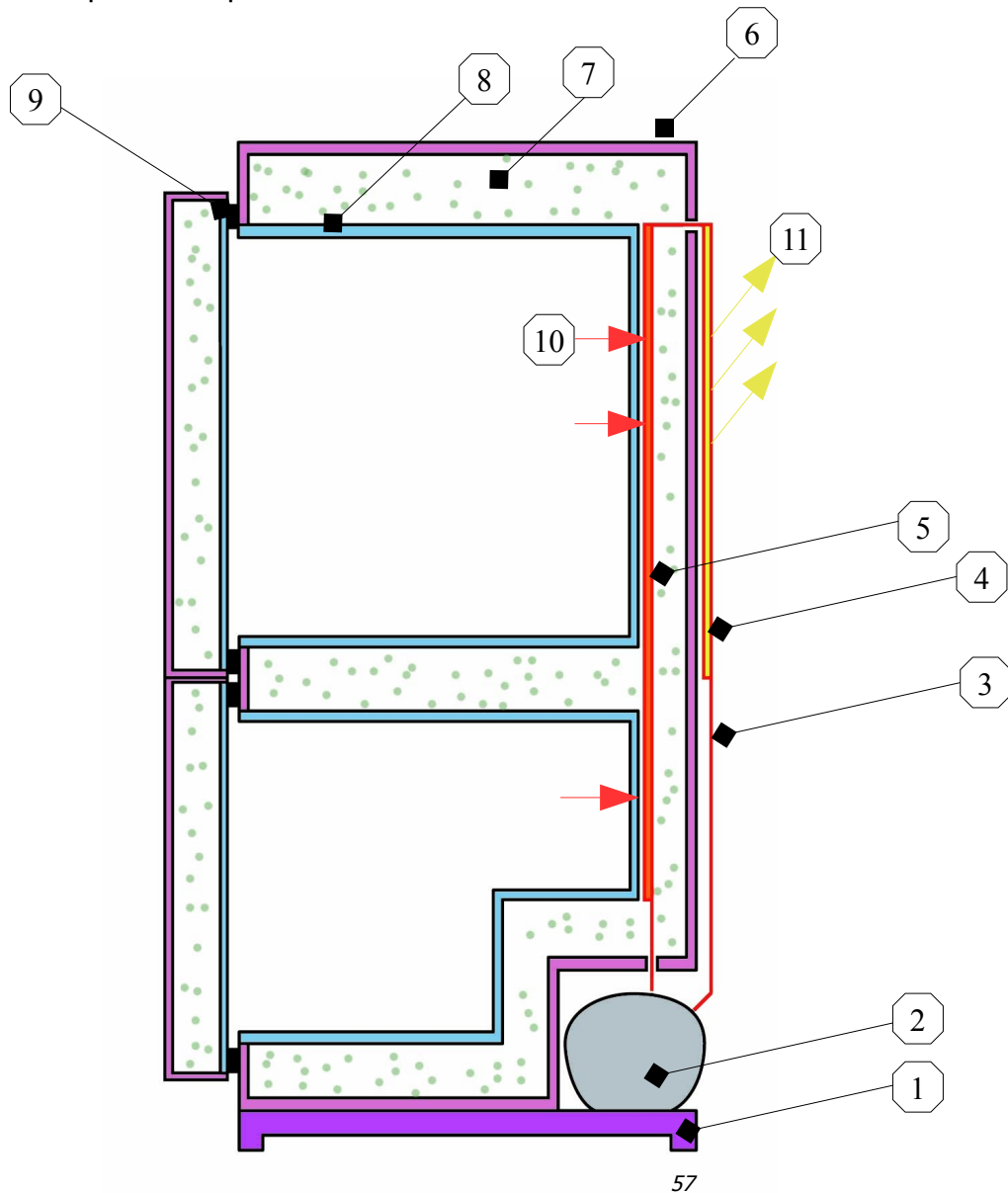
- Foro di iniezione schiuma.



56

## 4.2- Sviluppo modello progettuale.

Lo sviluppo del modello è un utile sussidio alla comprensione dell'interazione tra i componenti interni, i cinematismi. Lo schema è riassuntivo e finalizzato ad una comprensione ulteriore dell'interazione tra le parti e gli aspetti funzionali in gioco. È una semplificazione e non comprende i componenti superflui ai fini dell'analisi.



### Schema:

- 1 - Base inferiore in materiale polimerico.
- 2 - Compressore avvitato alla base.
- 3 - Circuito refrigerante.
- 4 - Condensatore (parte del circuito refrigerante).
- 5 - Evaporatore (parte del circuito refrigerante).

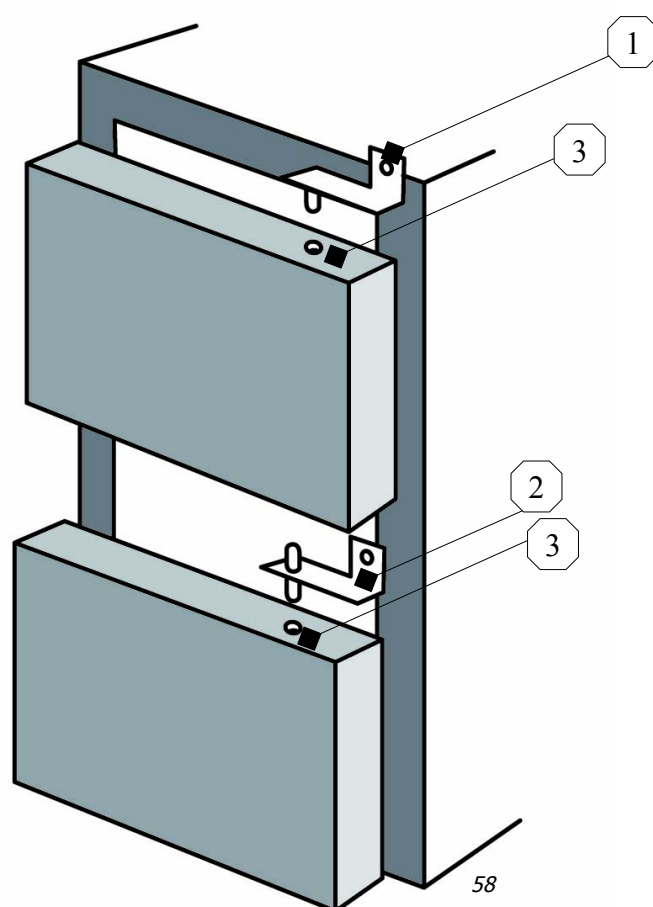
- 6 - Lamiera esterna.
- 7 - Poliuretano espanso.
- 8 - Cella frigorifera interna termoformata.
- 9 - Guarnizione.
- 10 - Calore sottratto alle celle frigo e freezer e immesso nel circuito refrigerante.
- 11 - Calore rilasciato nell'ambiente esterno tramite il condensatore.

### **Analisi delle azioni:**

- 1 - La base inferiore costituisce l'elemento su cui poggiano tutti i componenti sovrastanti. Su questa sono anche montati i piedini del frigorifero e il compressore.
- 2 - Il compressore fa parte del circuito refrigerante, comprime il gas refrigerante nel condensatore. Gli ingombri medi di un compressore rientrano in un cubo di 20 centimetri per lato. Solitamente è alloggiato in basso, nella parte posteriore del frigorifero.
- 3 - Il circuito refrigerante è una serpentina metallica che parte dal compressore e torna al compressore stesso.
- 4 - Il condensatore è un tratto del circuito refrigerante, una parte della serpentina metallica. Prende questo nome perché è il tratto del circuito in cui il gas refrigerante viene compresso.
- 5 - L'evaporatore è un tratto del circuito refrigerante, una parte della serpentina metallica. Prende questo nome perché è il tratto del circuito in cui il gas refrigerante viene rarefatto attraverso una valvola d'espansione.
- 6 - La lamiera esterna, in questo caso d'acciaio, ha una funzione estetica e strutturale.
- 7 - Il poliuretano espanso, che svolge la funzione isolante, viene iniettato in forma liquida, attraverso un foro di iniezione, e va a riempire, espandendosi, l'intera intercapedine tra la lamiera esterna e le celle (frigo e freezer) termoformate.
- 8 - Le celle interne di frigorifero e freezer, termoformate, hanno la funzione di contenere tutti gli alimenti. Devono essere durevoli e facili da pulire.
- 9 - Le guarnizioni, montate sulle porte di frigorifero e freezer, sono calamitate e hanno funzione isolante.
- 10 - Calore sottratto alle celle frigo e freezer e immesso nel circuito refrigerante.
- 11 - Calore rilasciato nell'ambiente esterno tramite il condensatore.

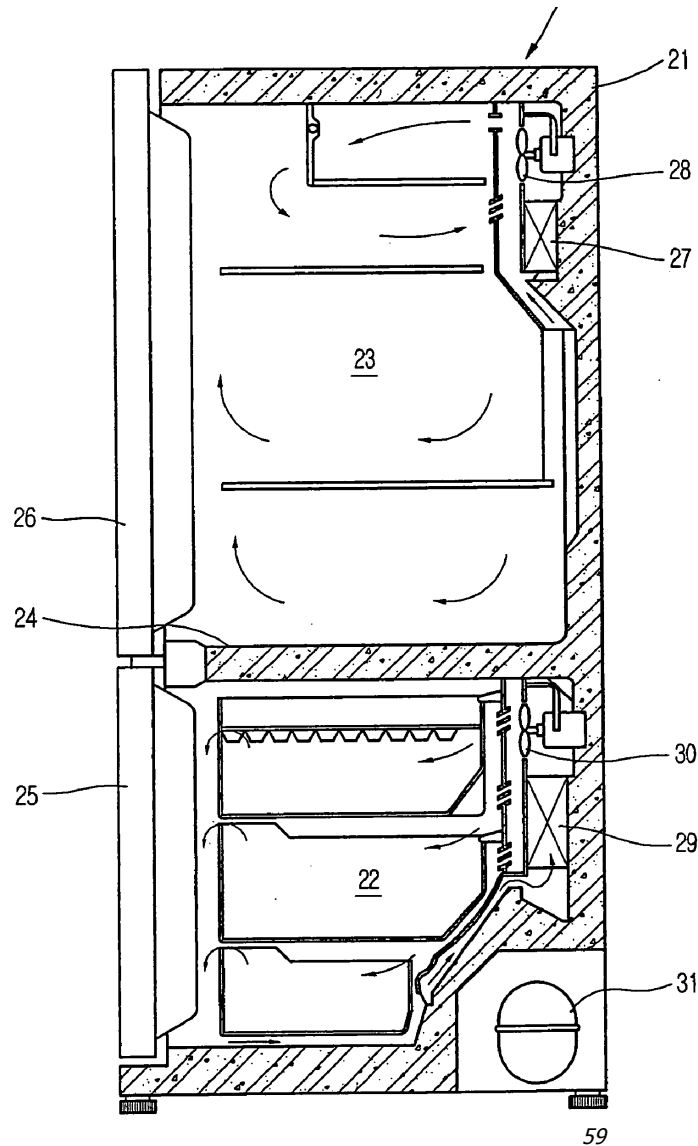
## Schema apertura porte:

- 1 - Cerniera superiore.
- 2 - Cerniera centrale.
- 3 - Fori per incastro porte/cerniere e rotazione porte.



### 4.3- Analisi progettuale.

Si andrà ad affrontare ora una fase di analisi progettuale tramite ricerca brevettuale. Grazie all'osservazione di brevetti sarà possibile analizzare soluzioni formali e tecnologiche diverse da quella da noi studiata e vedere come e verso quali obiettivi si è concentrata l'innovazione nel tempo .

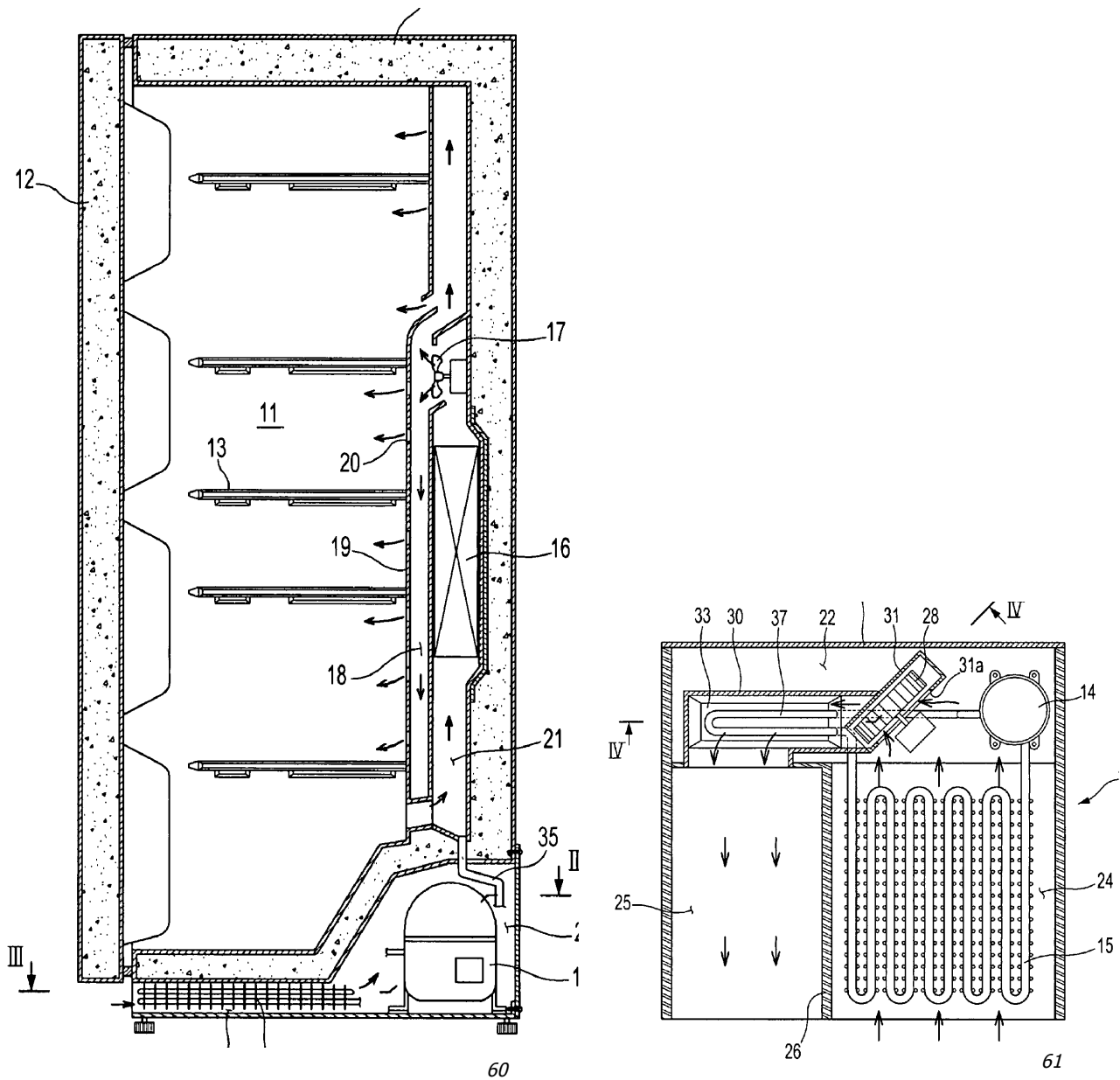


#### Refrigerator controlling method

**Anno:** 2005

**Inventore:** Keon Ho Hong per Samsung Electronics

**Descrizione:** Questo sistema frigorifero possiede un'unità di controllo che gestisce separatamente i diversi compartimenti (frigorifero, freezer a altri vani minori). E' un sistema basato sulla circolazione dell'aria, quindi no frost, con due ventilatori e due evaporatori. La gestione separata di questi elementi permette al compressore di attivarsi ad hoc e quindi di risparmiare energia.



## Refrigerator with air guide duct

**Anno:** 2007

**Inventore:** Samsung Electronics

**Descrizione:** Questo frigorifero no frost costituito monta il condensatore sulla base del frigorifero, questo scambia il calore con l'ambiente esterno attraverso un canale d'aria, aiutato da un ventilatore. All'interno di questo canale è posizionato inoltre un piatto metallico che, attraverso un tubo, raccoglie l'acqua prodotta dall'operazione di sbrinamento dell'evaporatore e la fa evaporare.



## 5- Concept.

"In progettazione, il **concept** è una proposta progettuale necessaria a definire gli elementi fondamentali di un progetto e fornisce le basi per la realizzazione dello stesso. Rappresenta l'elaborato finale di un metaprogetto. All'interno di un concept il progettista espone le linee guida che accompagneranno la fase esecutiva; tali linee sono di massima e, a seconda della qualità del concept stesso, il prodotto finale può più o meno discostarsi dalla prima proposta concettuale. All'interno di un percorso progettuale possono esserci più proposte concettuali (concept) che nel succedersi testimoniano i punti che il progettista ha seguito per arrivare alla fine del suo elaborato; si può quindi dire che un percorso progettuale è prevalentemente formato da una successione di concetti progettuali. Nel caso della produzione di un'automobile, per esempio, una volta che tutti i concetti sono stati definiti (abitabilità, comfort, sportività, ecologia, resistenza, target, contesto) si passa ad altri concetti più dettagliati (ricerca ergonomica, ricerche stilistiche ed esercizi di stile, scelta dei materiali, soluzioni proposte, ricerche di mercato). Questi concetti spesso vengono racchiusi in un concept car, la quale viene esposta (nel caso di modelli importanti) in eventi internazionali come i saloni dell'automobile. La fase concettuale si sviluppa fino ad arrivare sempre più vicina alla fattibilità del progetto e alla messa in produzione del modello definitivo che sarà preceduto da uno o più prototipi sui quali poter agire direttamente al fine di perfezionare il progetto rendendolo idoneo ai vincoli progettuali e legislativi imposti. Esistono dei concetti artistici e progettuali che non sono pensati per una futura produzione industriale, e quindi non sempre idonei alla fase esecutiva; questi elaborati, che spesso rimangono a livello "virtuale" o "ideologico" ma che possono anche nel tempo essere ripresi per una futura produzione industriale, sono il frutto di un concept artist."

*[tratto da: <http://http://it.wikipedia.org/wiki/Concept>].*

Come scritto in questa definizione, tratta da wikipedia, si deve ora produrre una proposta progettuale. E' necessaria quindi un'idea di partenza. Trattandosi di product design è importante sottolineare che l'idea deve essere rappresentabile tramite il disegno. Questa precisazione, apparentemente superflua, vuole evitare che in questa fase vengano intraprese strade guidate da considerazioni di natura ingegneristica, di servizio, di marketing, talvolta strettamente connesse al design di prodotto, ma non utili alla generazione di un concept di product design. Senza volere troppo entrare nel merito di come nasca un'idea, argomento di cui si parla molto ma sulla quale nemmeno le scienze cognitive danno risposte certe, intendo esprimere alcune indicazioni che, nella progettazione di prodotto, sono, per me, sempre vere.

La prima indicazione è la necessità di una modifica di natura fisica dell'oggetto da riprogettare. Fisica nel senso che deve riguardare il corpo dell'oggetto. Anche laddove non si avessero apparentemente nuove idee per la generazione di un concept possiamo partire dalla certezza che per ottenere un prodotto nuovo dobbiamo inevitabilmente modificare un suo componente. Questo cambiamento può coinvolgere la forma, le dimensioni, il colore, il materiale, l'ordine strutturale degli elementi (qualora si tratti di un prodotto complesso), l'aggiunta o la rimozione di elementi o l'insieme di alcune di queste cose. Partendo quindi da una modifica, (anche casuale se proprio non si avesse il barlume di un'idea), bisogna poi valutare, attraverso il linguaggio progettuale, quali implicazioni vantaggiose essa porta con sé. La natura di questi vantaggi potrà essere funzionale, ergonomica, percettiva, economica; i vantaggi inoltre potranno essere più o meno significativi e da ciò dipenderà il grado di innovazione del prodotto finale. Essere in grado di valutare quali possibilità nascano se si effettua su un prodotto un determinato cambiamento è una capacità di tipo complesso che richiede un background conoscitivo vario che, come dice Dorflès nel suo ancora attuale "Introduzione al Disegno Industriale", *"dovrà comprendere, oltre alle materie complementari che varieranno a seconda della preparazione avuta in precedenza dall'alunno (tra le quali saranno comprese: storia dell'arte, lingue estere, psicologia, fisica, chimica, matematica, elementi di architettura, disegno dal vero, plastica, fotografia, ecc.), le seguenti materie fondamentali divise nei diversi anni di corso: analisi della forma e della funzione di oggetti naturali e artificiali, introduzione alle tecniche di ricerca, uso di utensili e di macchine fondamentali; studio della sensibilità manuale e visiva; studio delle capacità espressive mediante i diversi mezzi di progettazione e di presentazione; studio dell'elemento comunicativo visuale; analisi del mercato; studio del packaging (imballaggio) e della esposizione, progettazione di oggetti dagli stadi preliminari fino allo studio delle qualità fisiche e organolettiche dei materiali e delle strutture; meccanica e trasmissione meccanica delle forze; analisi dei tempi e dei costi; costruzione di modelli funzionanti; pianificazione commerciale e industriale, analisi motivazionale; protezione dei progetti, brevetti, copyright, marchi, organizzazione professionale, ergonomia, teoria dell'informazione, cibernetica."*

E' quindi la cultura in ambiti differenti, unita ad una solida esperienza in queste discipline pratiche a darci la facoltà di vedere e, col tempo, prevedere le possibilità d'innovazione che nascono quando si effettuano delle modifiche ad un prodotto.

Di seguito descriverò e rappresenterò le idee che mi hanno guidato alla formulazione di un concept.

## 5.1- Idee iniziali.

Uno dei primi aspetti che mi ha colpito, osservando i prodotti esistenti durante la fase di analisi, è stata che tra i prodotti in fascia di prezzo medio bassa ci sono poche soluzioni formali e poca differenziazione estetica. Tutti i tentativi di miglioramento sono orientati agli aspetti tecnologici del prodotto frigorifero e solo per questi vi è anche una attenzione estetica. Per questo motivo una delle prime idee che ho avuto è stata quella di pensare un frigorifero che sfruttasse diversamente lo spazio.

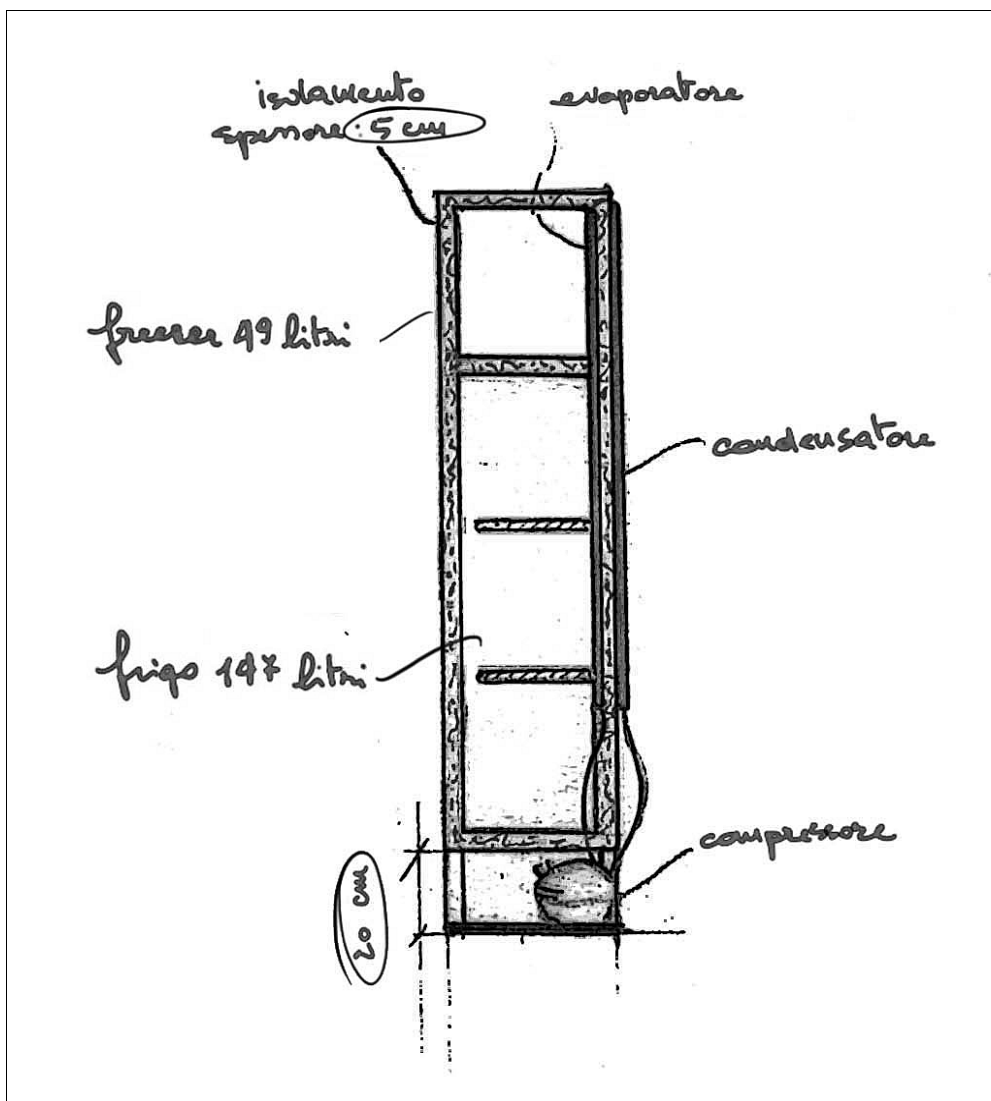
### ANALISI DELL'IDEA:

Natura della modifica: cambio di dimensione.

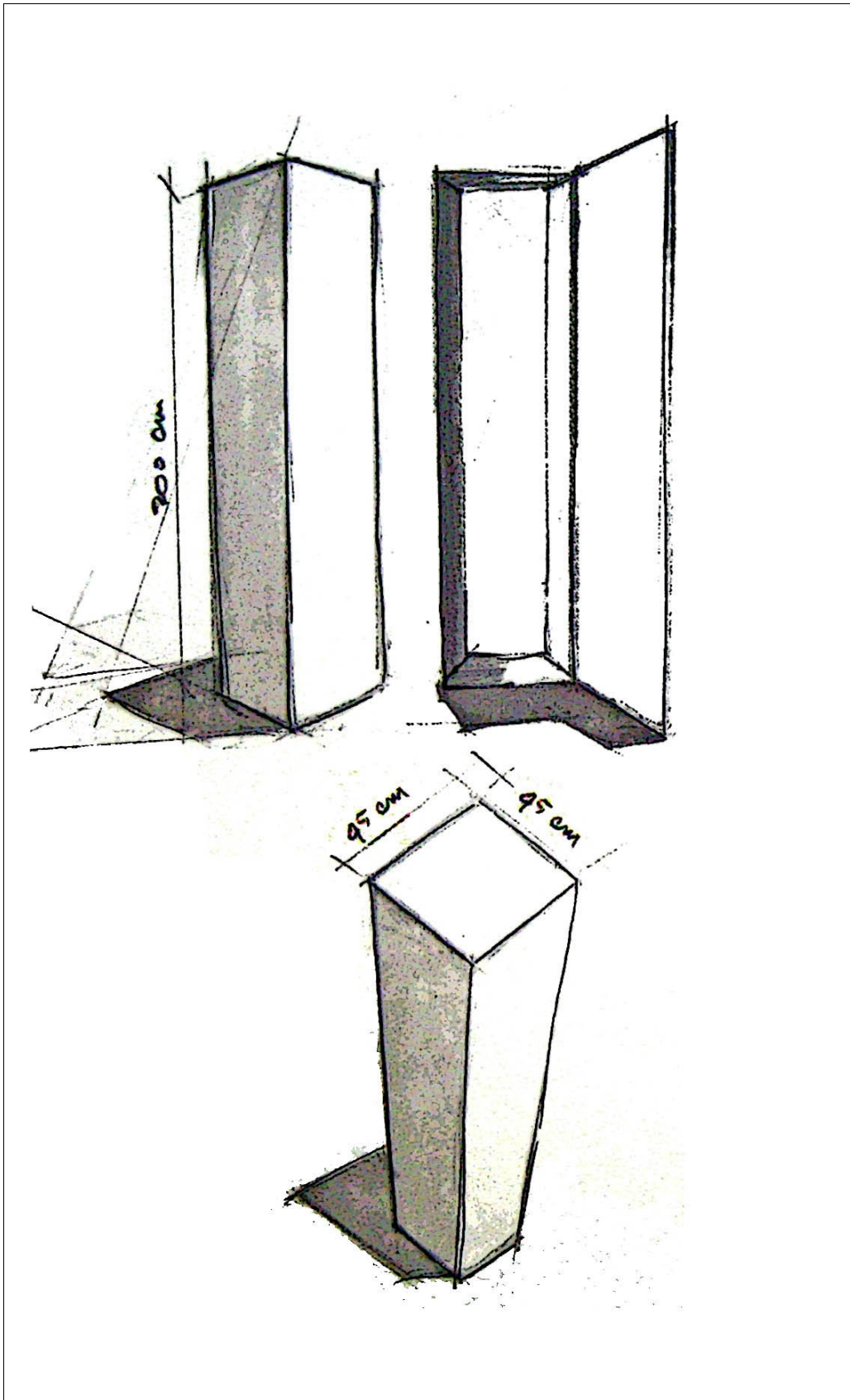
Senso della modifica: occupare minor spazio superficiale e più spazio in altezza.

Grado di innovazione: basso.

### STRUTTURA E DIMENSIONI DI MASSIMA:



62



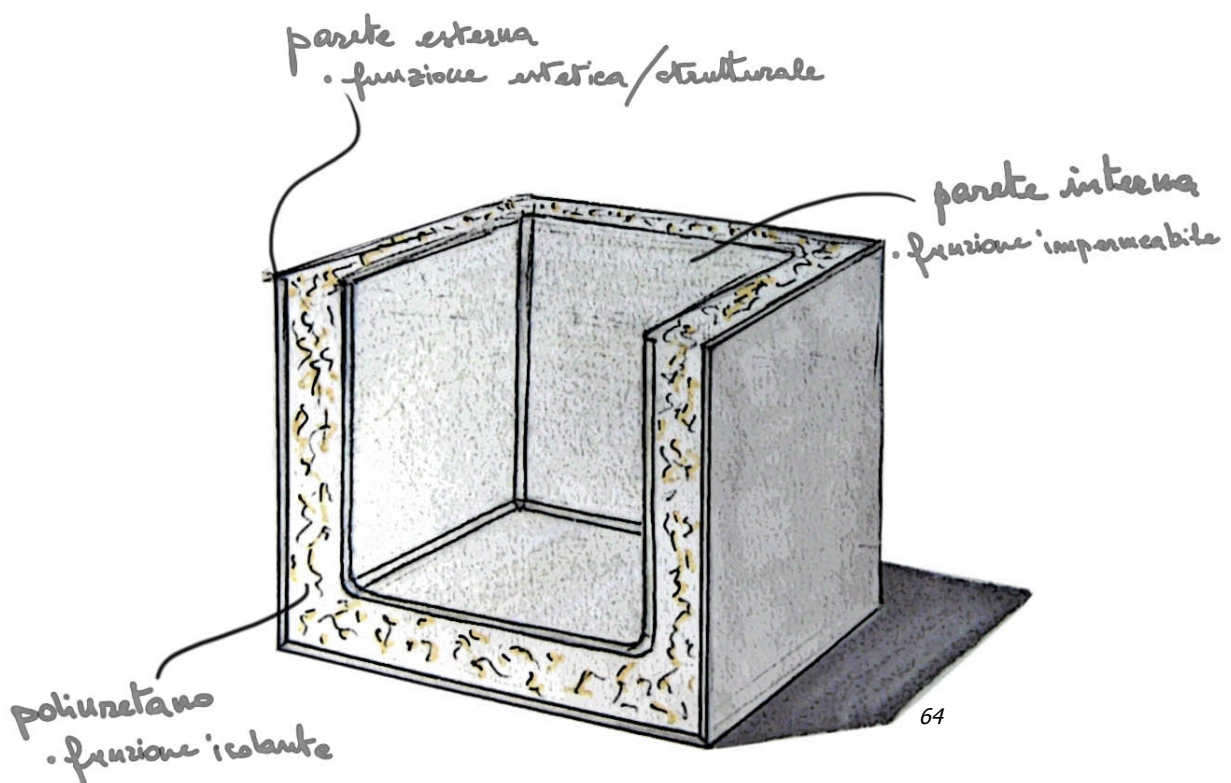
La fase di reverse engineering e la comprensione globale della struttura frigorifero e dell'interazione tra le parti ha favorito la nascita della seconda idea: osservando infatti il frigorifero in sezione mi è venuta in mente la possibilità di unire i tre diversi strati (interno termoformato, poliuretano isolante ed esterno) in un unico materiale che ricoprisse le tre diverse funzioni.

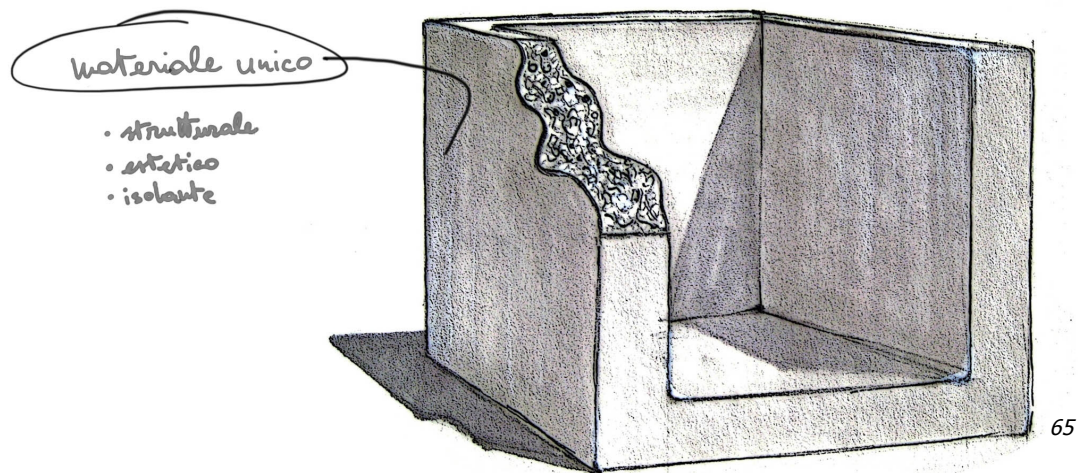
#### ANALISI DELL'IDEA:

Natura della modifica: cambio di materia, (secondo il principio "unione/separazione").

Senso della modifica: possibilità di semplificare il processo di assemblaggio, creazione di un nuovo significato semiotico.

Grado di innovazione: potenzialmente alto.





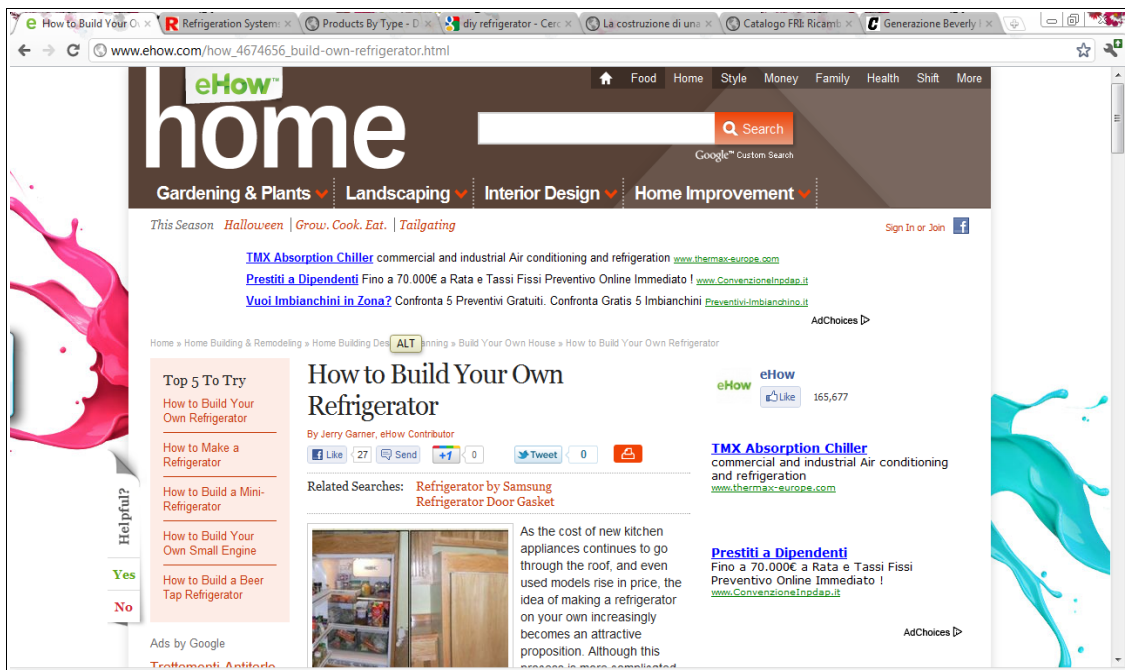
La potenzialità di un assemblaggio più semplice mi ha fatto immediatamente pensare ad una possibile riduzione dei costi. Amplificando poi quest'idea ho preso in considerazione il fatto di eliminare parte di essi, in particolare quelli relativi alla manodopera, attraverso la progettazione di un frigorifero "fai-da-te". Cercando informazioni su internet ho trovato che alcuni siti già danno istruzioni per chi volesse costruire autonomamente un frigorifero e altri (americani) che vendono dei "kit DIY" (do-it-yourself) per frigoriferi.

#### ANALISI DELL'IDEA:

Natura della modifica: cambio di luogo, (dall'industria alla casa).

Senso della modifica: possibilità di ridurre i costi, o modificarne la distribuzione.

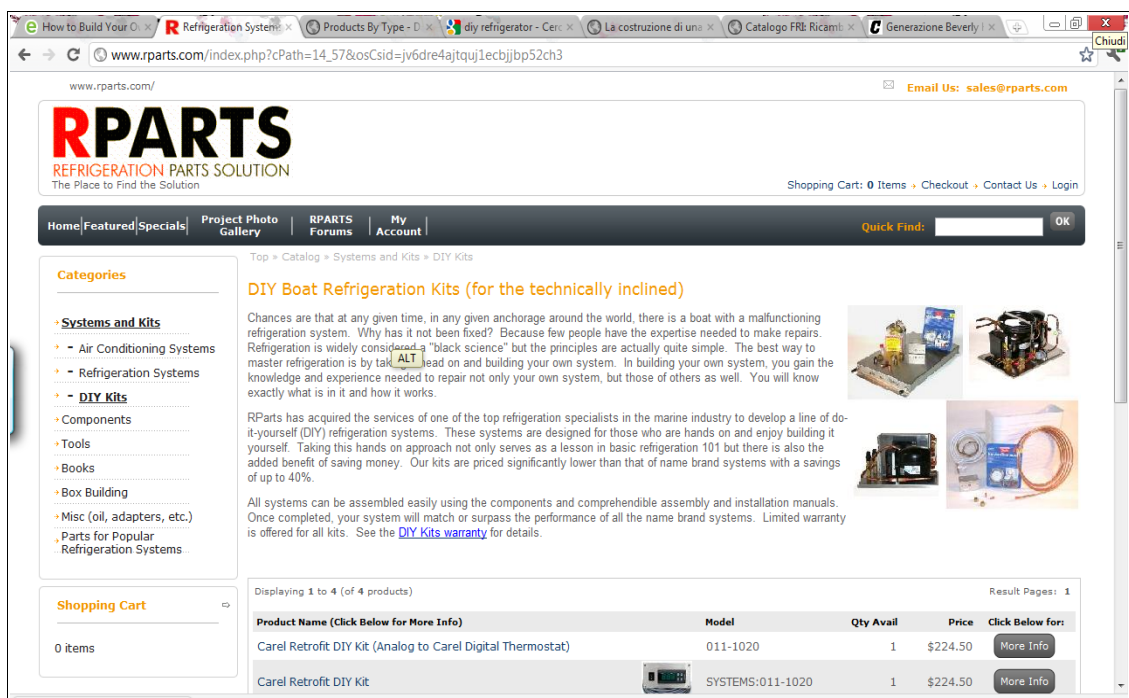
Grado di innovazione: medio.



66

[http://www.ehow.com/how\\_4674656\\_build-own-refrigerator.html](http://www.ehow.com/how_4674656_build-own-refrigerator.html)

(Sito di fai-da-te in cui vengono date istruzioni per la costruzione un frigorifero)



67

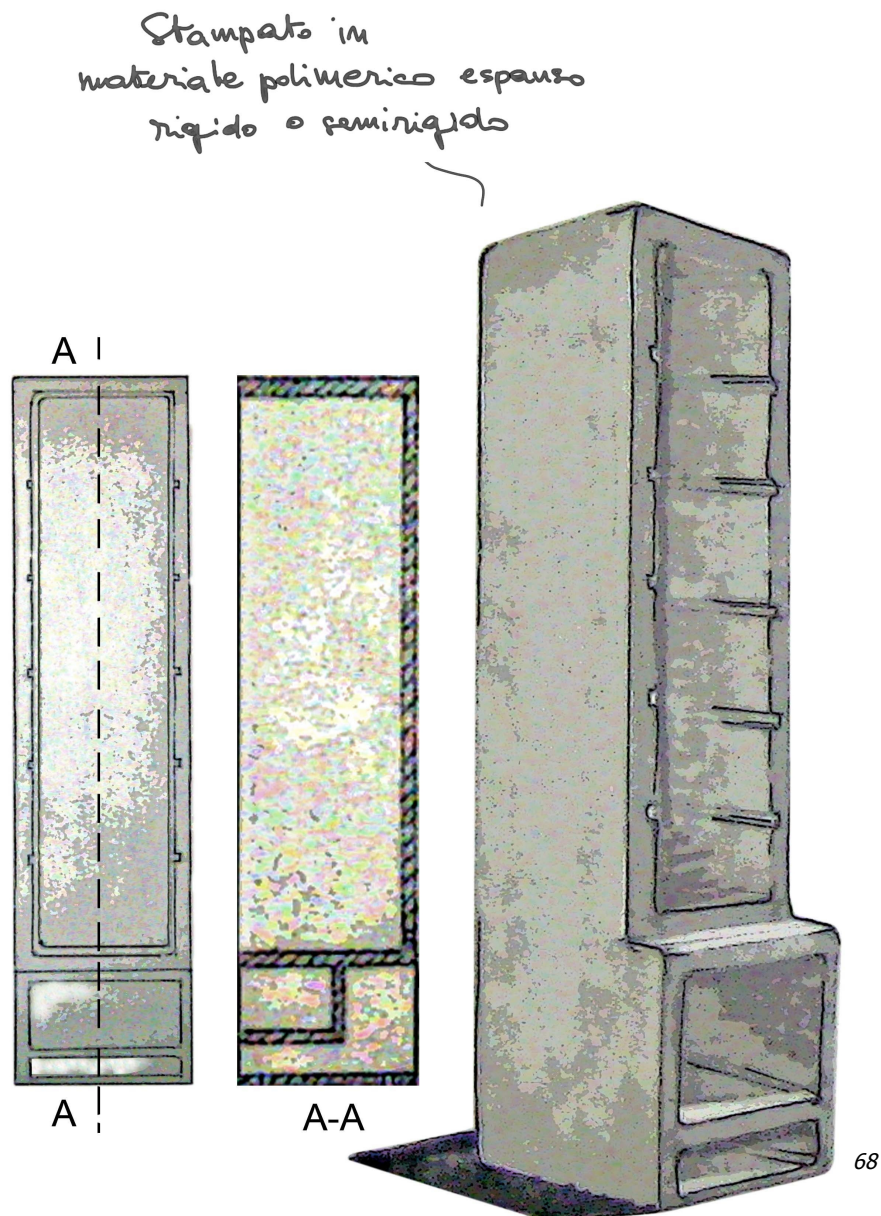
[http://www.rparts.com/index.php?cPath=14\\_57&osCsid=jv6dre4ajtquj1ecbjjbp52ch3](http://www.rparts.com/index.php?cPath=14_57&osCsid=jv6dre4ajtquj1ecbjjbp52ch3)

(Sito per la vendita di kit refrigeranti fai-da-te per imbarcazioni)

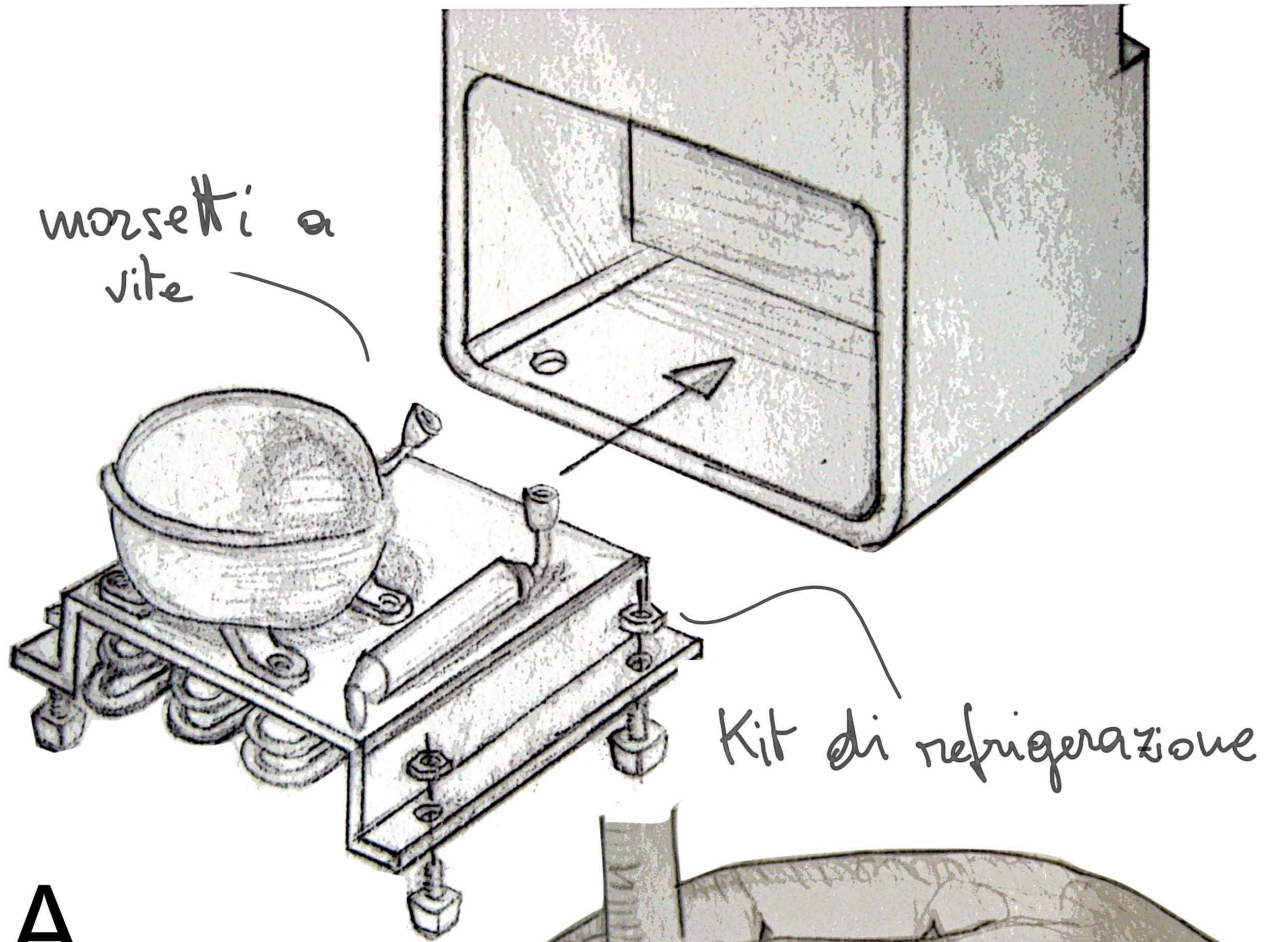
## 5.2- Concept definitivo.

Il concept che propongo è un frigorifero fai-da-te. Un prodotto di questo genere ha necessitato di una massima semplificazione dei componenti: il frigorifero che propongo non ha un congelatore, è costituito da uno stampato in un unico materiale con potenzialità isolanti ed estetiche (probabilmente in poliuretano), un kit di refrigerazione, una porta reversibile e pochi altri componenti minori.

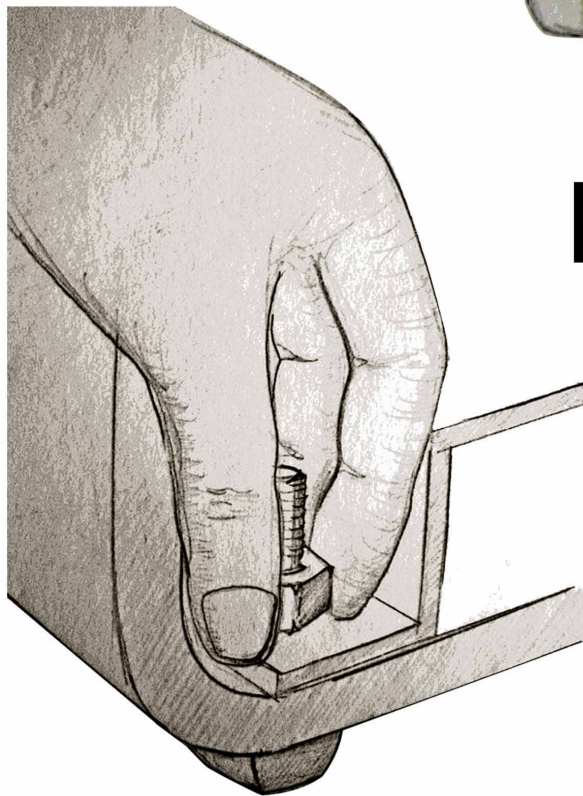
Un frigorifero di questo tipo ha il vantaggio di non avere un fine vita, infatti oltre a poter contare su una più facile manutenibilità, presenta anche la possibilità della totale sostituzione del kit di refrigerazione qualora si danneggiasse. Inoltre vista l'estrema semplicità estetica, a fine vita può anche essere riutilizzato come un qualunque mobile.



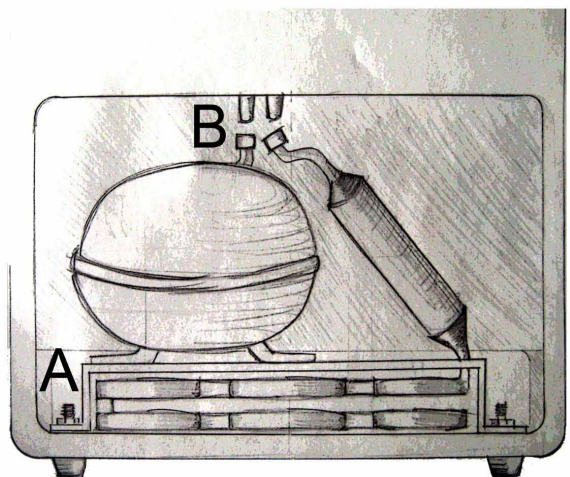
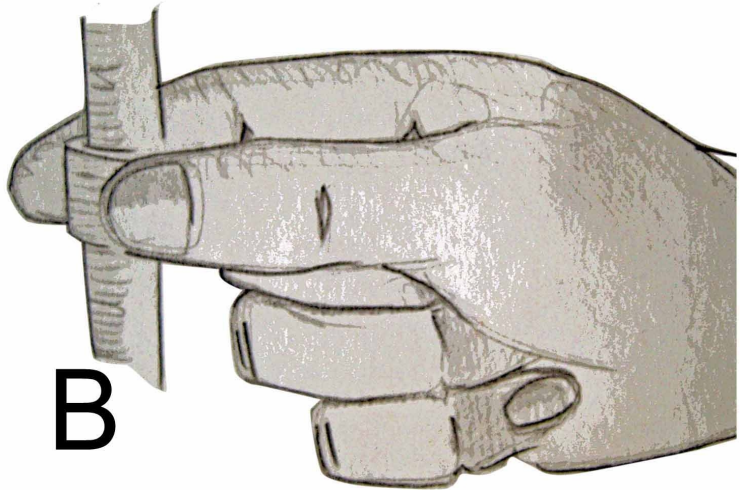


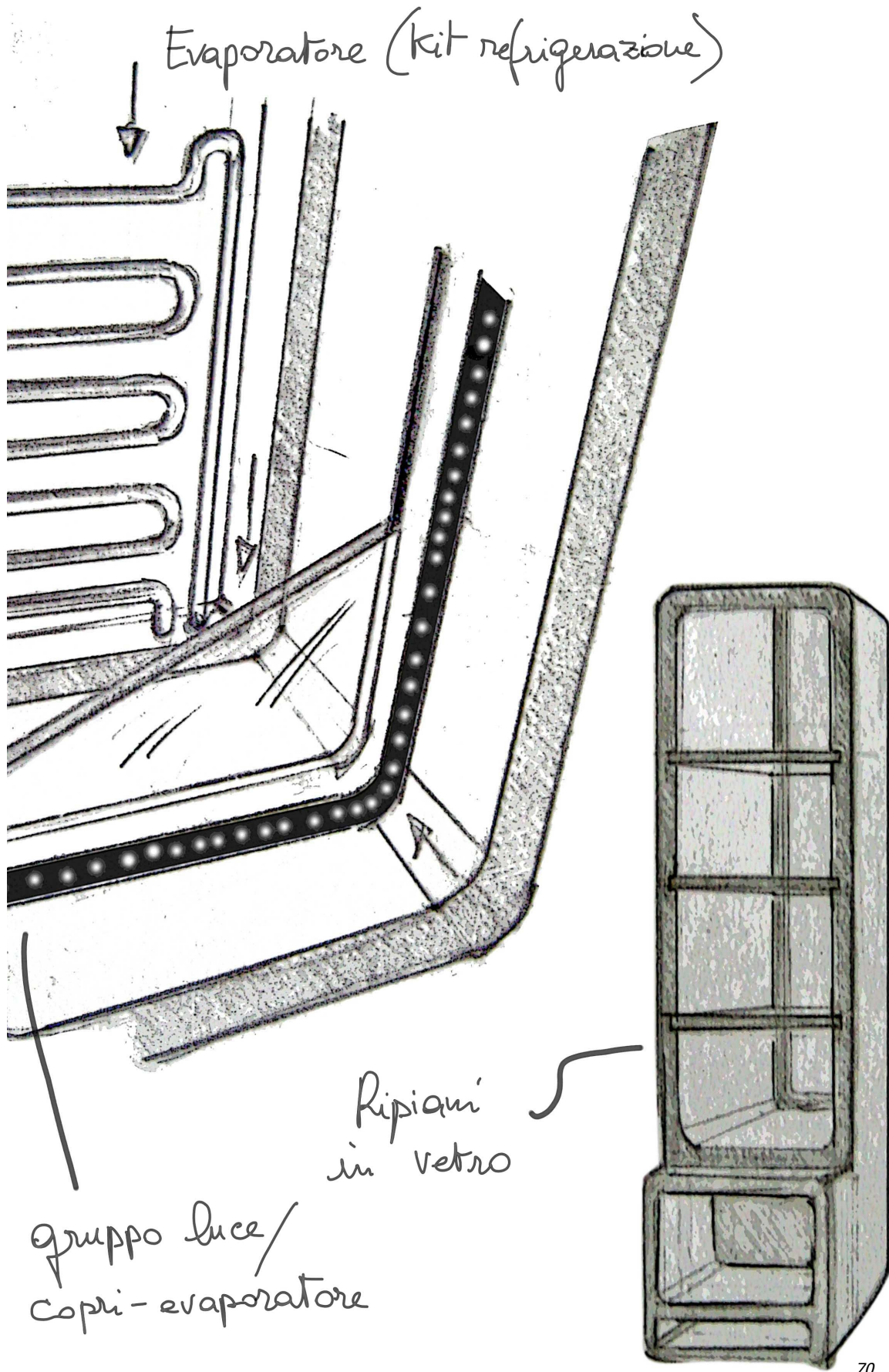


A

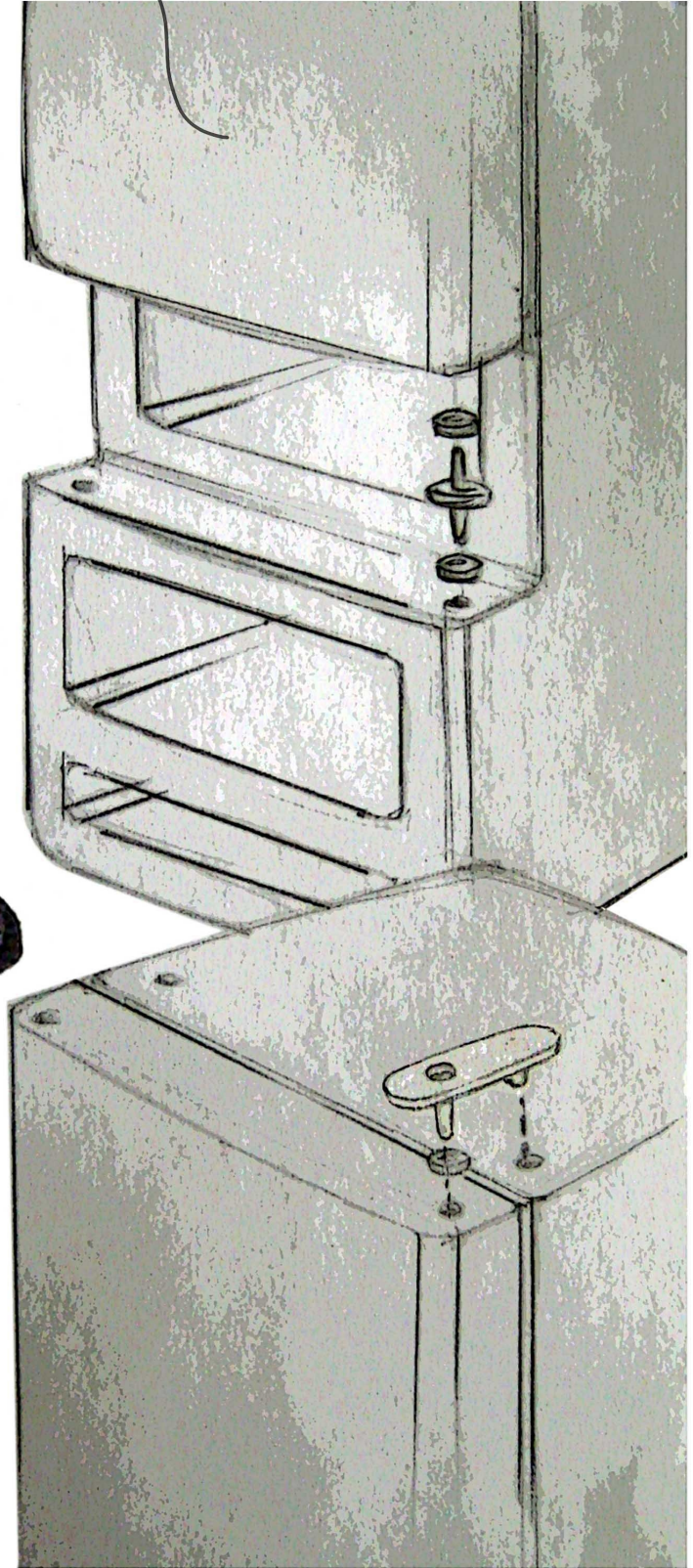
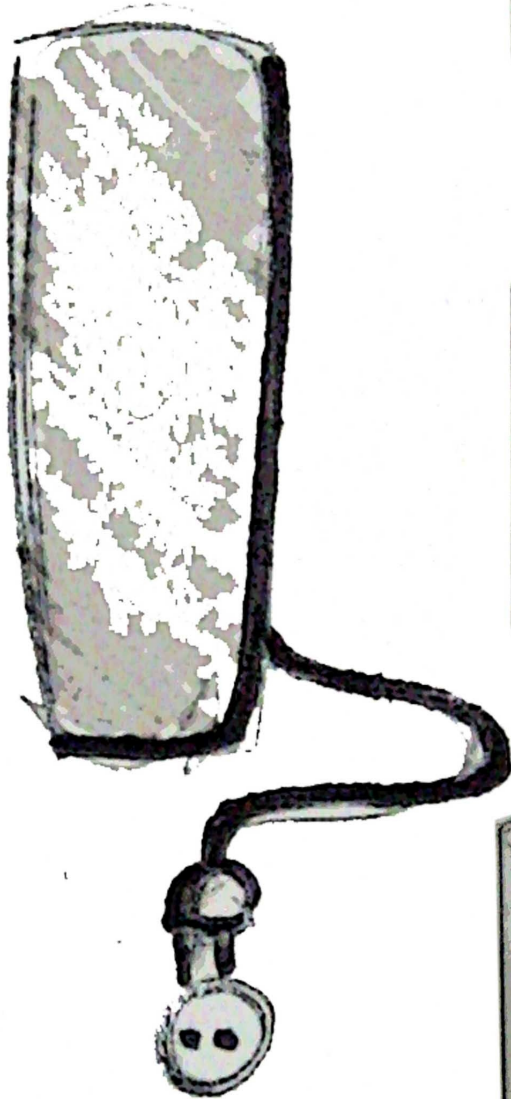


B



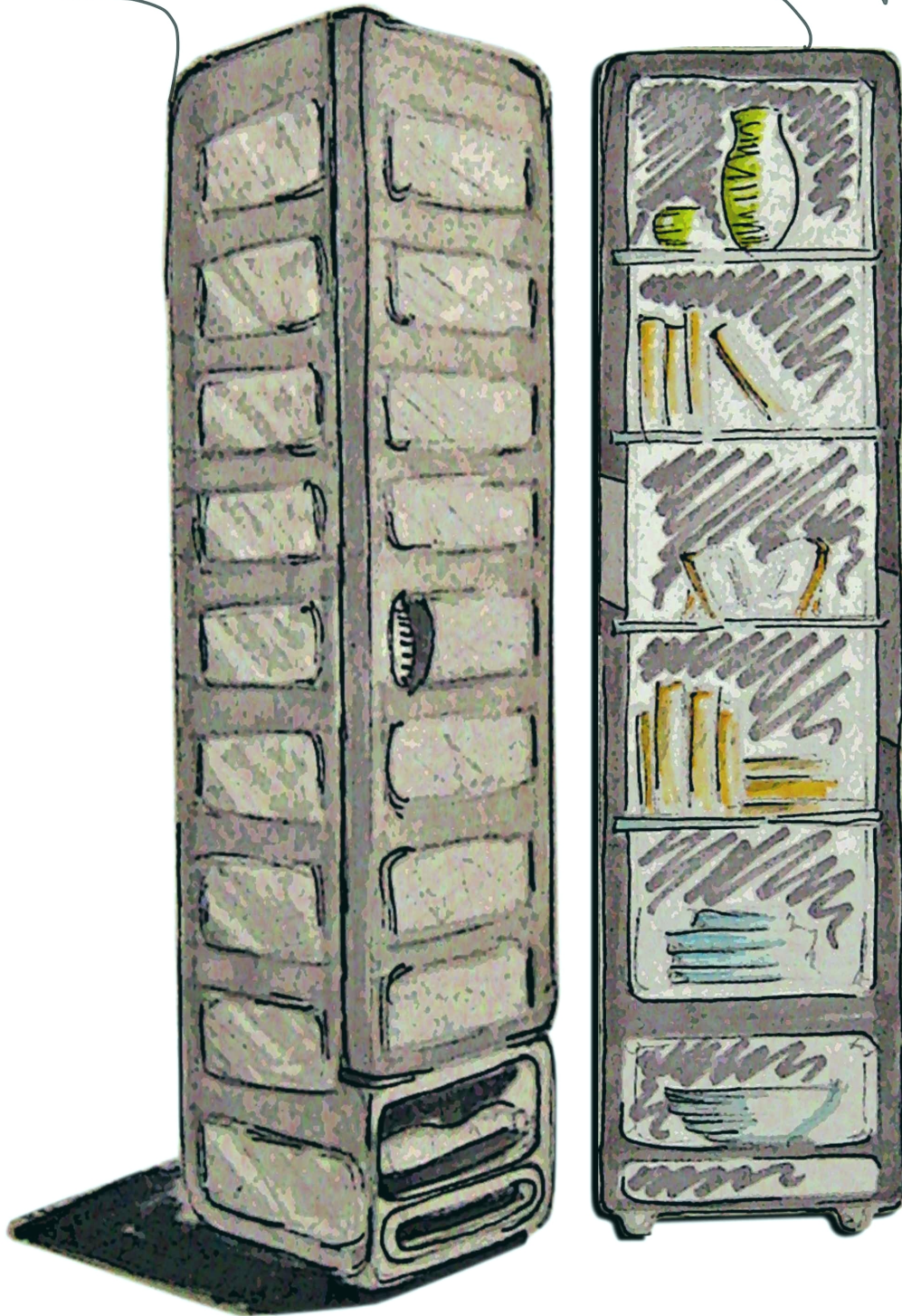


porta reversibile



Possibili lavorazioni superficiali  
durante lo stampaggio

Riutilizzo a  
fine vita



72

### **Potenzialità del concept:**

- Un nuovo formato offre nuove possibilità di posizionamento dell'elettrodomestico.
- Nuove aziende esperte nella lavorazione di materiali polimerici possono essere coinvolte nel processo di produzione.
- Possibilità economiche interessanti su grandi numeri di produzione.
- La semplificazione necessaria per un prodotto fai-da-te fa sì che non ci sia un congelatore. Allo stesso tempo però un congelatore separato può far risparmiare sui consumi e offrire maggiore spazio.
- Il prodotto è rigenerabile in caso di malfunzionamento e non ha un vero e proprio fine vita.

## 6- Engineering – Scelta delle tecnologie di produzione.

In questo capitolo e nei prossimi affronterò la fase di ingegnerizzazione del mio concept, in base alle specifiche definite fino a questo punto; in modo tale da arrivare a stabilire poi il design definitivo del frigorifero. Alla scelta delle possibili tecnologie di produzione seguiranno la selezione dei materiali e il calcolo dei costi di produzione di tutti quei componenti che, non implicando scelte obbligate o ovvie, si aprono a diverse possibilità.

### Scelta delle tecnologie di produzione

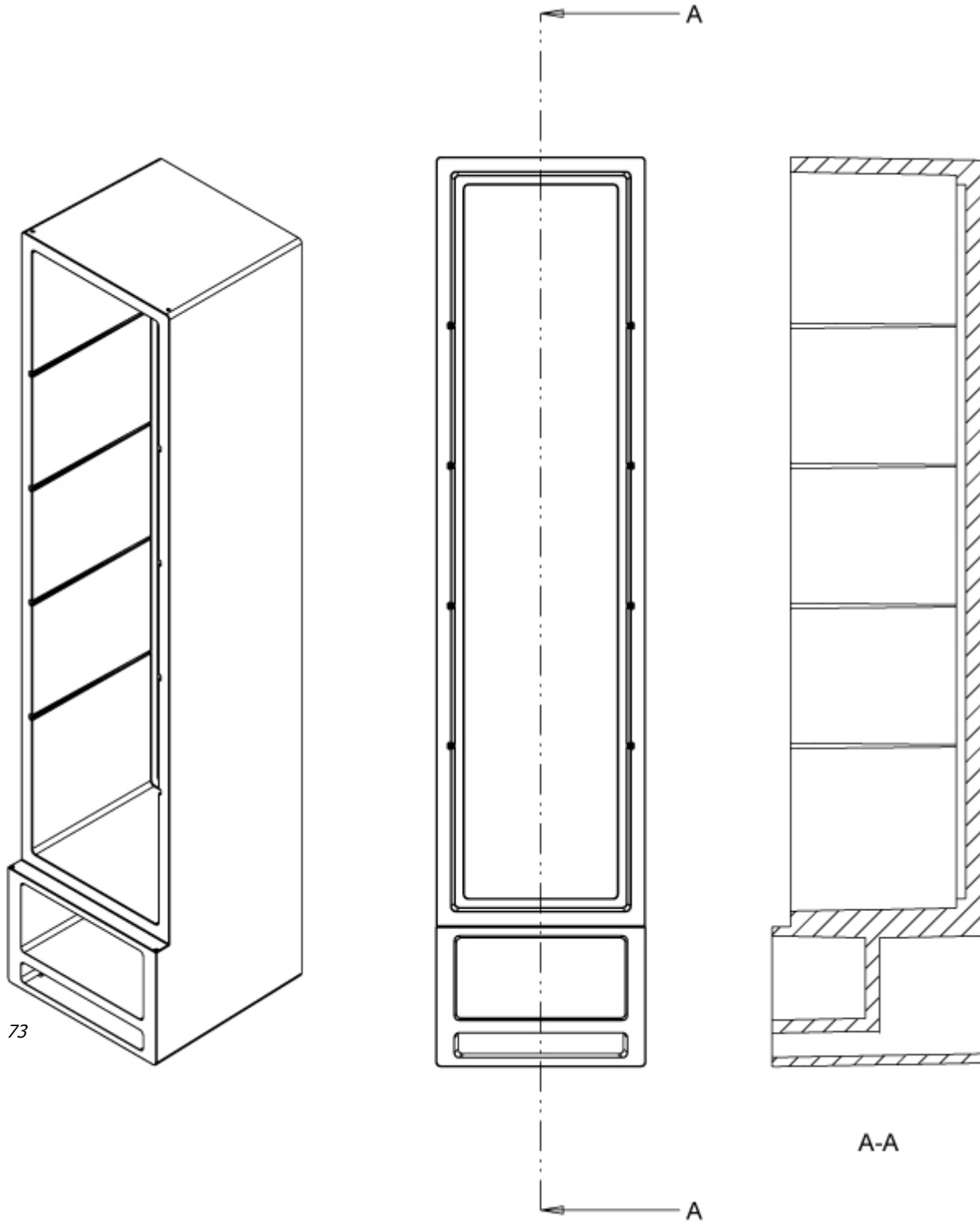
Obiettivo di questo capitolo è quello di confrontare sinteticamente le specifiche di prodotto e produzione per i nuovi componenti con i processi di fabbricazione che più si adattano alla loro realizzazione.

I requisiti che dovranno essere presi in considerazione, anche se non ancora stabiliti definitivamente, per effettuare questa scelta, sono i seguenti:

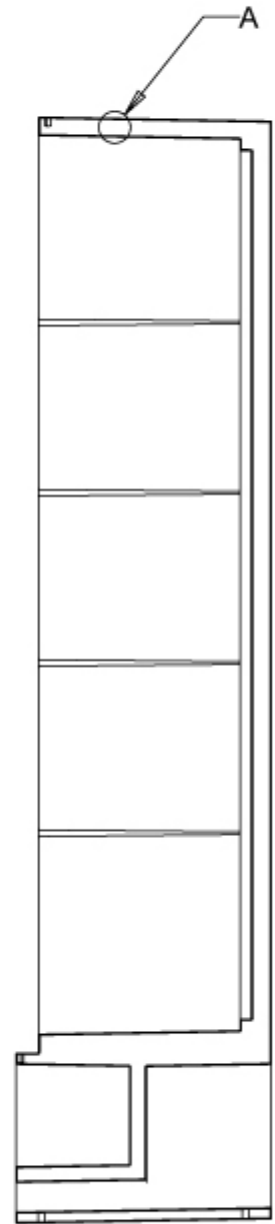
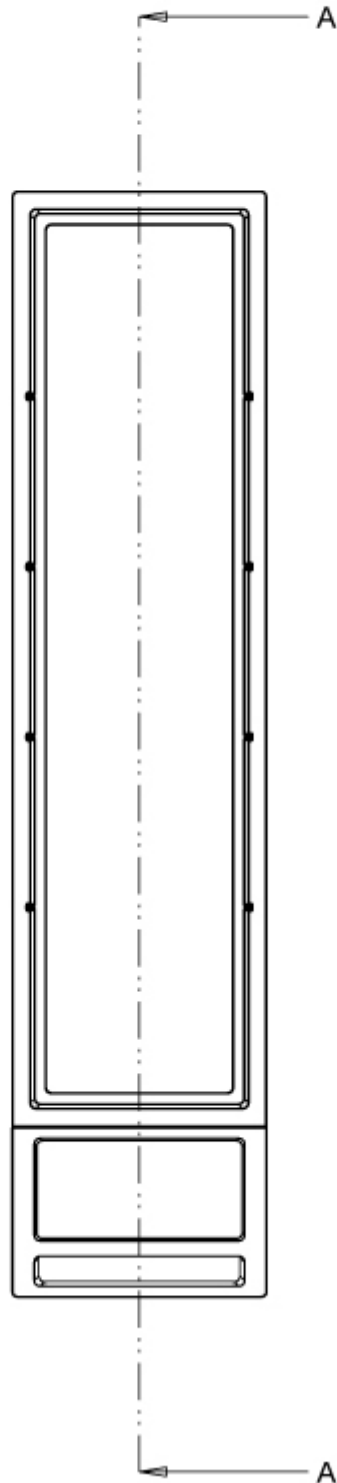
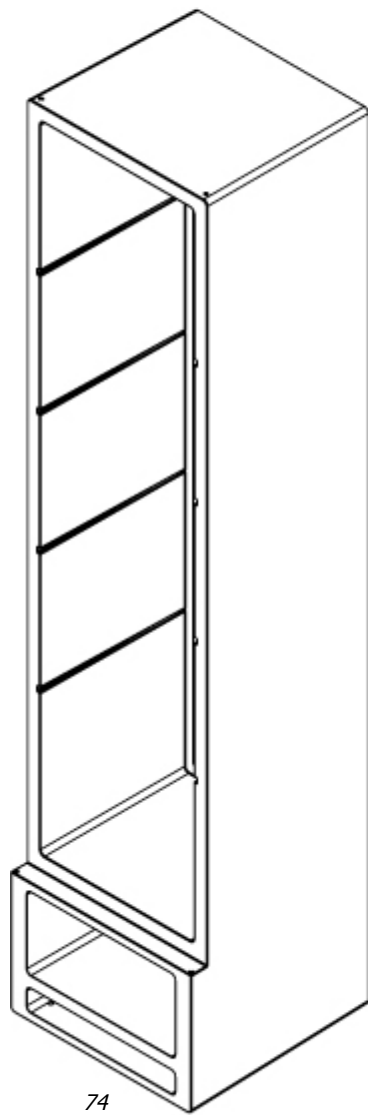
- **Materiale ipotizzato:** pur non conoscendo ancora il materiale specifico, posso ipotizzarne la tipologia, in base ai requisiti funzionali ed estetici che sono da me richiesti.
- **Forma del pezzo:** i pezzi si possono differenziare innanzitutto per la dimensione, fattore che può escludere o meno determinati processi produttivi. Altre discriminanti sono il grado di complessità della forma e la presenza di cavità o sottosquadri.
- **Requisiti estetici del pezzo:** determinati processi produttivi raggiungono finiture superficiali più elevate rispetto ad altri.
- **Costo del processo:** alcuni processi sono ovviamente più costosi di altri e risultano giustificati soltanto per alti volumi di produzione.

## 6.1- Specifiche di produzione dei nuovi componenti.

### Corpo principale (pieno):



**Corpo principale (cavo):**





(Corpo principale pieno)

**MATERIALE:**

- Polimerico espanso strutturale (Poliuretano autopellante, Polipropilene, Schiume a base di fenolo o stirene)
- Rigido o semirigido
- Struttura alveolare a celle chiuse

**FORMA:**

- Geometria semplice
- 45x195x45 (cm) LxAxP
- Rientranze profonde
- Possibile presenza di sottosquadri

**REQUISITI ESTETICO/FUNZIONALI:**

- Buona finitura superficiale esterna e interna

(Corpo principale cavo)

**MATERIALE:**

- Polimerico (PVC, PE, PP, PA, PC, PU)
- Rigido
- Struttura cava

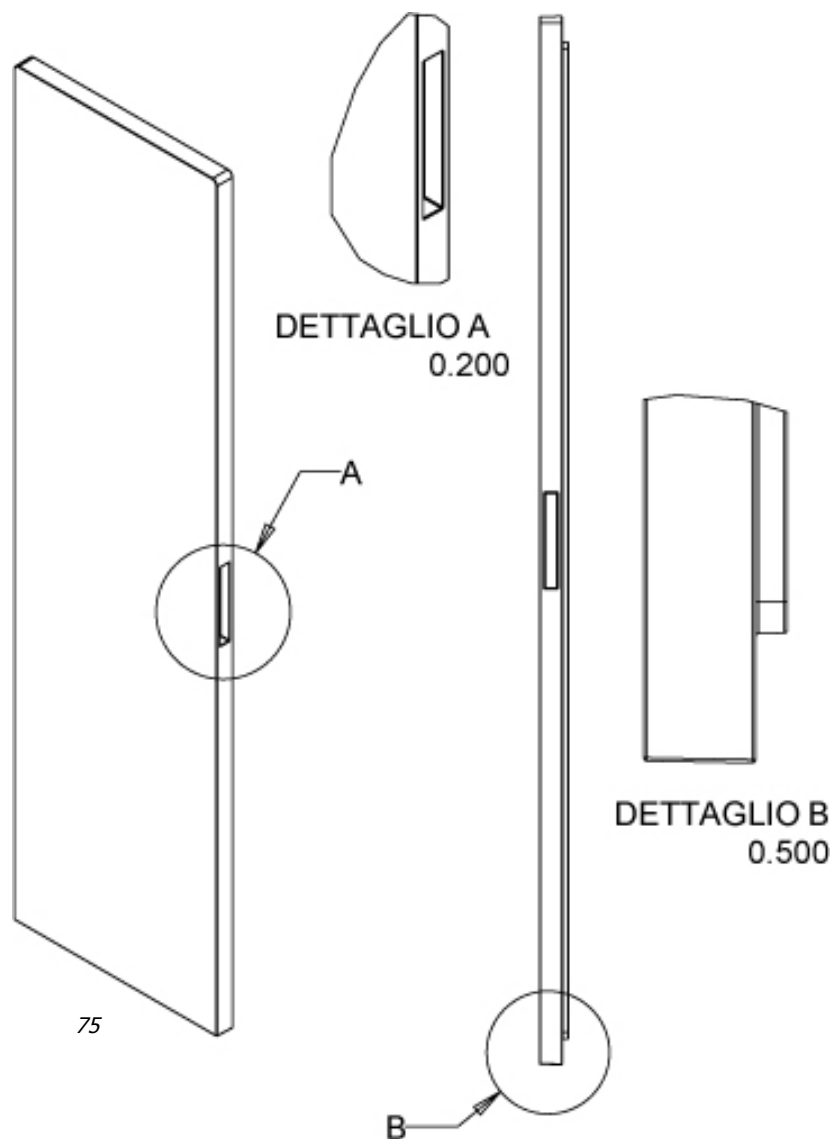
**FORMA:**

- Geometria semplice
- 45x195x45 (cm) LxAxP
- Rientranze profonde
- Possibile presenza di sottosquadri

**REQUISITI ESTETICO/FUNZIONALI:**

- Buona finitura superficiale esterna e interna

## Porta Reversibile:



### **MATERIALE:**

- Isolante Polimerico o naturale

### **FORMA:**

- Geometria semplice planare
- 45x165x5 (cm) LxAxP
- Presenza di sottosquadri

### **REQUISITI ESTETICO FUNZIONALI:**

- Buona finitura superficiale

## 6.2- Scelta del processo

Per quanto riguarda il corpo principale, viste le caratteristiche di questo componente, il processo produttivo necessario è sicuramente lo stampaggio delle plastiche. Nel caso di un corpo pieno è adeguato lo stampaggio a iniezione in alcune delle sue varianti. Si può utilizzare cioè lo stampaggio di espansi strutturali (per i materiali termoplastici) e lo stampaggio a iniezione reattiva (per i termoindurenti). Anche il sovrastampaggio permetterebbe, attraverso l'iniezione sequenziale di due o più masse fuse di materiali, di ottenere il pezzo richiesto, aprendo nuove possibilità materiali ed estetico-funzionali, tuttavia necessiterebbe della creazione di un numero maggiore di stampi; per questo motivo escludo tale processo fin da ora. Un'ulteriore tecnologia possibile è quella del sandwich molding, in questo caso si ha un materiale esterno, una skin, che incapsula un materiale interno. Nel caso di un corpo cavo i potenziali processi produttivi sono due: lo stampaggio rotazionale e lo stampaggio con co-iniezione di gas.

Nel caso della porta, essendo nuovamente necessario l'isolamento termico, sarà opportuno utilizzare uno dei processi produttivi visti per il corpo principale.

A questo punto, attraverso la descrizione dei processi presi in considerazione, valuterò quello più appropriato in base alle caratteristiche che emergeranno.

## 6.2.1- Stampaggio di espansi.

Lo stampaggio di espansi strutturali permette di ottenere prodotti con una superficie esterna liscia e continua e un interno cellulare, entrambe formate durante la stessa operazione di stampaggio. La caratteristica principale di questi componenti è l'ottimo rapporto tra rigidità e peso.

Esistono diversi processi attualmente in uso che producono componenti realizzati con schiume strutturali. Essi sono:

- **Stampaggio a iniezione a bassa pressione**

In questo processo la quantità di materiale immessa nello stampo, misurata accuratamente, è minore di quella richiesta per riempirlo. L'agente espandente fa sì che, attraverso la produzione di gas, lo stampo venga riempito. Dal momento che la cavità dello stampo non viene riempita l'alta pressione di iniezione non viene trasmessa, l'unica pressione sfruttata è quindi quella causata dall'espansione stessa. Per questo processo può essere utilizzata un'attrezzatura standard per stampaggio a iniezione. Se, come agente espandente, si utilizza dell'azoto, diviene necessaria l'introduzione di un estrusore che mescola i due elementi in un accumulatore. In tutti i casi l'espansione prematura viene evitata attraverso l'uso di pressioni superiori.

- **Stampaggio a iniezione ad alta pressione**

In questo processo la dimensione della cavità dello stampo è ridotta in un primo momento, e il polimero iniettato lo riempie, successivamente la dimensione dello stampo viene aumentata attraverso l'apertura dello stampo mobile o l'estrazione di un'anima e il materiale comincia ad espandersi. Questo processo prevede un'attrezzatura più complessa ma fornisce delle superfici più lisce.

- **Stampaggio a iniezione reattiva**

Attraverso questa tecnologia si iniettano in uno stampo componenti liquidi altamente reattivi di materiale termoindurente. I componenti vengono mescolati in una camera ad alte pressioni appena prima dell'iniezione. Essi polimerizzano e si espandono nello stampo con basse pressioni formando appunto la superficie liscia e l'anima cellulare.

- **Stampaggio con contropressione di gas**

Il principio di questo processo consiste nel ritardare l'espansione, che ha inizio dopo che una pelle solida si è formata sulla plastica all'interno dello stampo. Questo è ottenuto con la pressurizzazione di azoto all'interno dello stampo appena prima dell'iniezione. La pressione è di poco superiore a quella di espansione. Nel momento in cui lo stampo è quasi completamente riempito la pressione viene rilasciata e l'azione espandente ha inizio. Anche in questo caso la qualità estetica superficiale è elevata.

- **Stampaggio sandwich**

In questo caso due materiali vengono iniettati simultaneamente nello stampo attraverso uno speciale canale di distribuzione: un materiale forma la superficie esterna, l'altro l'interno cellulare. Quest'ultimo contiene ovviamente l'agente espandente. Possono essere utilizzate due differenti plastiche e il materiale interno può essere a più basso costo o provenire da plastiche di riciclo. Anche in questo caso la qualità estetica superficiale è elevata.

- **Stampaggio con co-iniezione di gas**

Questo processo viene descritto in questa sezione perché presenta gli stessi vantaggi dello stampaggio di espansi. In questo caso però anziché essere presente un'anima cellulare si ha un interno vuoto, formato attraverso l'iniezione di azoto. Il gas non rompe la superficie della plastica ma forma dei canali nella parte più calda e a più bassa viscosità del carico. Con questo processo viene utilizzato meno materiale e il componente presenta, a parità di peso, caratteristiche di rigidità simili a quelle degli espansi strutturali.

Lo stampaggio di espansi è conveniente per stampati di grandi dimensioni. Sia l'iniezione a bassa pressione che l'iniezione reattiva permettono l'utilizzo di stampi più leggeri e meno costosi. La densità del materiale per componenti espansi va dal 40% all'80% a seconda della tecnologia e del materiale utilizzato. Lo spessore della pelle va da 0,5 a 1,5 mm. Le superfici esterne di prodotti stampati a bassa pressione possono presentare segni circolari dovuti all'azione espansiva del polimero. Questo effetto viene annullato con tutti gli altri processi. Se si richiedono speciali caratteristiche di liscia o lucidità sono necessarie supplementari tecniche di rivestimento. Nervature di irrigidimento e poppette possono essere ottenute senza alcun problema. Con l'iniezione reattiva si possono ottenere prodotti da flessibili a rigidi.

Tra i processi elencati quelli economicamente più vantaggiosi, in riguardo soprattutto al costo degli stampi sono l'iniezione a bassa pressione e l'iniezione reattiva. Tipicamente vengono utilizzati stampi di alluminio, ma non solo. Questi stampi costano circa un terzo di quelli per iniezione standard per cui possono essere usati anche per volumi di produzione più bassi e anche il resto dell'attrezzatura è più economica. Nel caso dello stampaggio a iniezione reattiva è anche possibile realizzare stampi siliconici per basse produzioni o prototipazioni. L'iniezione ad alta pressione richiede invece stampi e attrezzature più costose ma garantisce tempi ciclo più brevi. Lo stesso vale per l'iniezione con contropressione di gas, in questo caso le pressioni sono inferiori ma la necessità di uno speciale canale di distribuzione rende necessari, anche in questo caso, alti livelli di produzione per ammortizzare i costi. Il tempo ciclo per l'iniezione reattiva va da uno a sette minuti, tempo decisamente maggiore di normali stampati a iniezione per cui può diventare economico il pezzo è grande e intrigato o se assembla già con lo stampaggio elementi altrimenti separati.

Quasi tutti i materiali plastici possono essere stampati ad espansione, con alcune limitazioni spesso dovute alla temperatura di fusione del polimero specifico. Il materiale più utilizzato in questo campo è il poliuretano stampato attraverso il processo di iniezione reattiva, ma sono anche utilizzate resine fenoliche, epossidiche e poliestere. Nonostante il poliuretano sia più costoso di altri termoplastici ampiamente diffusi (polistirene, polietilene e polipropilene) è stampabile con più basse densità (dal 40% al 60%) e in formulazioni rigide o flessibili. Le resine fenoliche sono invece meno attrattive perché sono altamente viscosi e contengono catalizzatori corrosivi di molti dei metalli di cui gli stampi sono fatti. Sia il poliuretano che le resine fenoliche possono essere stampati solamente in colori scuri (nero o marrone). Nel caso in cui siano richiesti colori chiari è necessaria la verniciatura, tuttavia attraverso questo processo si possono conferire ulteriori qualità estetiche, per cui non è sempre uno svantaggio. Il polietilene ad alta densità, il polistirene e il polipropilene sono invece i termoplastici utilizzati più comunemente in questo processo.

## **Stampaggio di espansi - regole di progettazione.**

Le regole di progettazione sono simili a quelle valide per gli stampati a iniezione classica. I ritiri nel raffreddamento sono minori, ma vanno comunque tenuti in considerazione. Il flusso di materiale deve essere regolare.

- **Spessori**

Per la maggior parte delle schiume strutturali lo spessore tipico è di sei millimetri. Pareti più sottili possono avere difetti superficiali e causare il non riempimento totale dello stampo. Pareti più spesse richiedono tempi ciclo maggiori, tuttavia se la lunghezza del flusso è significativa queste potrebbero essere necessarie al fine di una regolare distribuzione.

- **Spessori variabili**

Sono da evitare brusche variazioni di spessore. Sono accettabili variazioni dolci.

- **Raccordi**

Gli spigoli vivi interferiscono con la regolarità di distribuzione del flusso e, se interni, creano punti di maggiore fragilità. I raggi esterni devono avere un valore di  $3/2$  quello dello spessore.

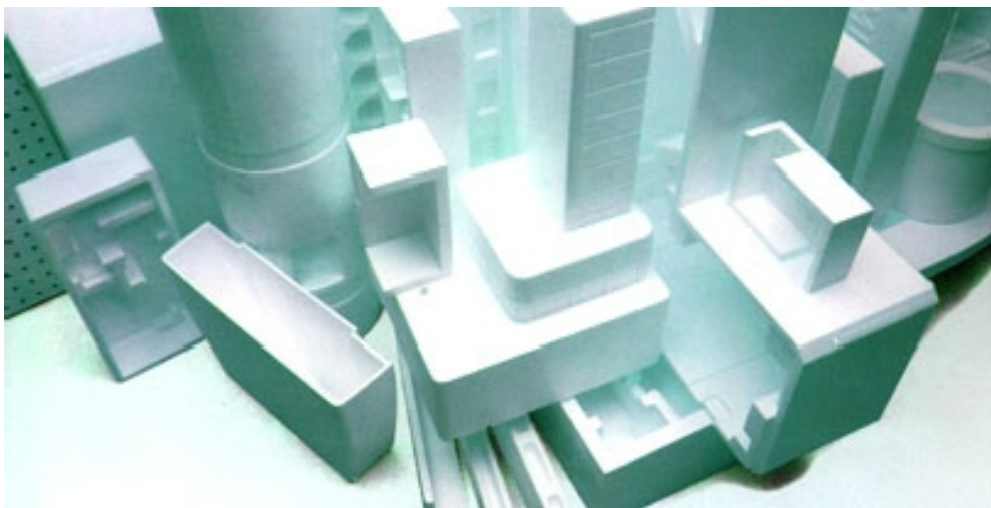
- **Angoli di spoglia**

Da  $1/2^\circ$  a  $3^\circ$  è il range solitamente usato per l'estrazione di espansi strutturali. Questo dipende dalla profondità della dimensione e dal materiale usato.

## 6.2.2- Il processo di sinterizzazione.

Tra i possibili processi produttivi vi è una ulteriore possibilità per l'ottenimento di manufatti espansi: la sinterizzazione. Questo procedimento viene effettuato per il polistirene e il polipropilene. Esso consiste, nel caso di questi due materiali, nella compressione del materiale in perle nella forma desiderata: le perle si saldano tra di loro per mezzo di vapore acqueo ad alta temperatura (da 90°C a 160°C).

Il polistirene prodotto attraverso questo processo è utilizzato soprattutto per gli imballaggi, le sue caratteristiche principali sono l'assorbimento degli urti e l'isolamento termico. Questo materiale tuttavia, rispetto al polipropilene, ha una struttura friabile. Per questo motivo, nel soddisfacimento del requisito di durabilità del nostro pezzo, si renderebbero necessarie delle lavorazioni superficiali successive.



76

*manufatti in polistirene espanso*



77

*manufatto in polipropilene espanso*



### 6.2.3- Trattamenti superficiali e rivestimenti.

Qualora non fosse possibile ottenere tramite un unico stampaggio un elemento che possieda tutti i requisiti necessari potrebbe essere presa in considerazione la possibilità di rivestire gli sformati isolanti (in polistirene, polipropilene, poliuretano, resine fenoliche/epossidiche, o altro materiale) con trattamenti che conferiscano loro ulteriori caratteristiche, che correggano ad esempio la loro natura fragile/friabile o che li rendano impermeabili qualora ce ne fosse bisogno. Trattandosi di manufatti la cui massima temperatura di servizio difficilmente supera i 100°C ( e in molti casi è decisamente inferiore) vanno esclusi tutti i processi oltre queste temperature. Gli unici effettuabili quindi sono le applicazioni spray a temperatura ambiente (es. resine epossidiche, poliurea).

### 6.2.4- Manufatti accoppiati "in mould".

Si tratta di una tecnologia di abbinamento tra manufatti espansi e manufatti termoformati inseriti in uno stampo e sottoposti a trattamento di riscaldamento fino ad ottenere la coesione dei due materiali (eps+ps) e realizzare l'oggetto desiderato. Si tratta generalmente di oggetti ad alte prestazioni meccaniche e/o estetiche. Questo processo può essere utilizzato, ad esempio, per impermeabilizzare superfici. Ha la grande qualità di essere un oggetto monomaterico che racchiude finitura superficiale, isolamento termico e struttura.



78

*accoppiato in polipropilene espanso e polipropilene*

### **6.2.5- Stampaggio rotazionale.**

La tecnologia prevede che una certa quantità di polvere polimerica sia alimentata in uno stampo freddo che viene poi saldato mentre è fatto ruotare simultaneamente sui due assi. In questo modo la polvere, fondendo, ricopre le pareti interne dello stampo, creando un guscio cavo di spessore determinato dalla quantità iniziale di polvere caricata. Il pezzo viene poi raffreddato abbassando la temperatura dello stampo con aria o acqua vaporizzata. Il processo è più adatto per la produzione di oggetti di grandi dimensioni, cavi e chiusi; possono però essere realizzati, attraverso lavorazioni successive, anche componenti a spessore sottile di piccole dimensioni e forme aperte.

La pressione ridotta limita l'ottenimento di forme complesse, favorendo forme tondeggianti prive di dettagli fini. Inserti e sezioni preformate di colore o materiale diverso possono essere stampate contemporaneamente. Componenti con larghe aperture, come i bidoni per i rifiuti, vengono stampati in coppia e poi separati mediante taglio.

Il materiale più comunemente utilizzato per lo stampaggio rotazionale è il polietilene, anche se potenzialmente la maggior parte dei polimeri termoplastici potrebbe essere stampata in rotazionale. Lo spessore del pezzo è connesso alla conducibilità del materiale. Un interessante vantaggio del rotazionale è che produce componenti praticamente privi di sforzi residui. A causa della rotazione su due assi la lunghezza del componente è limitata (al più quattro volte il suo diametro). Con questa tecnologia è possibile stampare anche i polimeri termoindurenti e i poliuretani sono i più utilizzati.

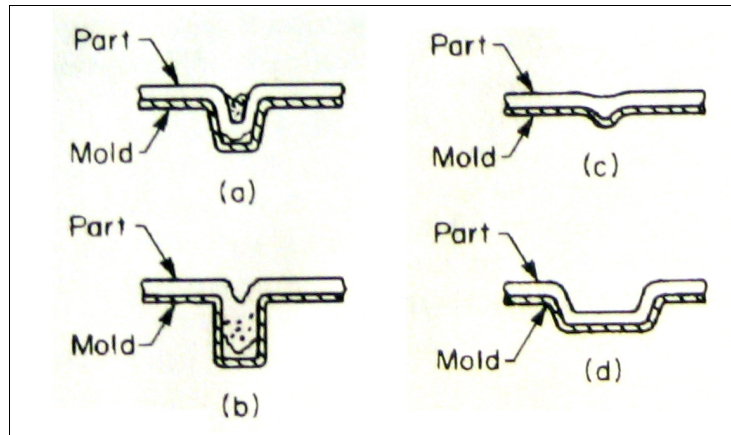
I costi per l'impianto e la strumentazione sono ridotti, molto inferiori a quelli per lo stampaggio a iniezione, ma i tempi per il ciclo di lavorazione sono più lunghi rispetto a ogni altro processo di stampaggio.

Prodotti abitualmente realizzati con questa tecnologia sono serbatoi, contenitori per il cibo, custodie spartitraffico, giocattoli di grosse dimensioni, bidoni, secchi e pallet.

## Stampaggio rotazionale - Regole di progettazione.

- **Nervature**

Le nervature possono essere realizzate facilmente, purché si mantenga costante lo spessore del pezzo.



- **Spessori**

Lievi variazioni di spessore sono consentite, tuttavia uno spessore costante è la soluzione migliore.

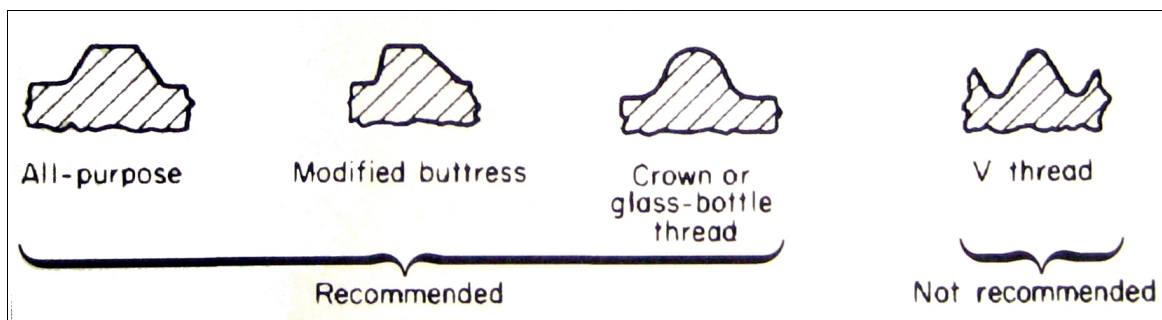
- **Sottosquadri**

Possono essere realizzati se molto limitati. La presenza di parti mobili aumenta invece il costo dello stampo, nel caso in cui queste parti vadano rimosse manualmente aumentano i costi di manodopera.

- **Angoli di spoglia**

Per la maggior parte dei materiali è sufficiente  $1^\circ$ . (Policarbonato  $1,5^\circ/2^\circ$ ).

- **Filettature**



- **Raccordi**

Da 1,5 mm a 6 mm.

### **6.2.6- Scelta del processo - Conclusioni.**

La scelta economicamente più ragionevole è quella di realizzare il pezzo con il minor numero di operazioni, tra i processi presentati quelli che potrebbero dare questa possibilità sono lo stampaggio di espansi, in una delle sue varianti e la sinterizzazione con compressione di Polistirene o Polipropilene. Non è detto tuttavia che un unico processo e un unico materiale siano in grado soddisfare i requisiti necessari di impermeabilità, strutturalità, isolamento ed esteticità del pezzo. In questo caso verranno presi in considerazione processi più costosi che utilizzano più di un materiale durante un unico stampaggio o processi separati eseguiti in serie.

## 7- Engineering – Selezione del materiale.

In questo capitolo affronterò la scelta definitiva del materiale maggiormente adeguato alla realizzazione dei componenti descritti nel paragrafo precedente: il corpo principale e la porta reversibile. Questa scelta si servirà di un processo schematico all'interno del quale ciascuna delle proprietà richieste ai componenti riceverà un valore numerico/booleano per ogni materiale preso in considerazione. Il materiale che avrà l'insieme di caratteristiche migliori sarà, a meno di considerazioni straordinarie, quello su cui ricadrà la scelta.

Questo processo è utile perché ci permette una valutazione accurata delle numerose proprietà materiche in gioco, per cui, anche laddove la preferenza per un materiale potrebbe sembrare scontata, non corriamo il rischio di tralasciare aspetti importanti.

### **Criterio di selezione:**

- **Fase 1:** Selezione, da un elenco, di tutte le proprietà fisiche e meccaniche rilevanti ai fini della scelta. Scelta dei materiali potenziali sulla base di queste proprietà.
- **Fase 2:** In questa fase ciascuna delle proprietà emerse dalla fase precedente verrà associata ad un valore numerico/booleano.
- **Fase 3:** I dati numerici vengono normalizzati in una scala da uno a dieci.
- **Fase 4:** I materiali presi in considerazione vengono confrontati tra loro per vedere, attraverso il punteggio ricevuto in ciascuna proprietà, quale è più adeguato da un punto di vista complessivo.

## 7.1- Confronto tra potenziali materiali.

- **Fase 1**

### PROPRIETA' GENERALI

PREZZO	<input checked="" type="radio"/>
DENSITA'	<input checked="" type="radio"/>

### PROPRIETA' FISICHE

PROPRIETA' ELETTRICHE	
Isolante	
Semiconduttore	
Conduttore	
PROPRIETA' MAGNETICHE	
Non magnetico	
Magnetico	
Magnete permanente	
ISOLAMENTO TERMICO	
Basso	
Medio	
Alto	<input checked="" type="radio"/>
PROPRIETA' ACUSTICHE	
Fonoassorbente	
Fonoisolante	
PERMEABILITA' DELL'ACQUA	
Permeabile	
Parzialmente permeabile	
Impermeabile	<input checked="" type="radio"/>
PERMEABILITA' ARIA/GAS	
Permeabile	
Parzialmente permeabile	
Impermeabile	
COMPORAMENTO AL FUOCO	
Incombustibile	
Difficilmente infiammabile	
Infiammabile	
DURABILITA'	
Bassa	
Media	
Alta	<input checked="" type="radio"/>

### PROPRIETA' MECCANICHE

RIGIDEZZA	
Bassa	
Media	
Alta	<input checked="" type="radio"/>
RESISTENZA	
Bassa	
Media	
Alta	
MINIMA T. DI SERVIZIO	
<-30°C	
-30°C	
-10°C	<input checked="" type="radio"/>
20°C	
MASSIMA T. DI SERVIZIO	
20°C	
60°C	<input checked="" type="radio"/>
100°C	
150°C	
250°C	
500°C	
>500°C	
DUTTILITA'	
Bassa	
Media	
Alta	
TENACITA'	
Bassa	
Media	
Alta	

t\_4

Attraverso questa tabella ho evidenziato le proprietà rilevanti per il componente in questione. Successivamente ho utilizzato il software CES, che ha un database di migliaia di materiali, per selezionare i materiali potenziali: ho applicato dei filtri a questo immenso database per cominciare ad escludere tutti i materiali con conducibilità termica troppo distante da quella del Poliuretano (utilizzato come isolante nei frigoriferi attuali), i materiali molto costosi e i materiali che non rientravano nelle temperature di servizio minima e massima necessarie.

## Materiali selezionati (tramite software CES):

- Phenolic foam (closed cell)
- PVC Cross-linked foam (rigid, closed cell)
- Polyurethane foam (rigid, closed cell)
- Styrene Acrylonitrile foam (closed cell)
- Polyethylene teraphthalato foam (closed cell)
- PS foam (closed cell) - Sinterizzato e compresso
- Melamine foam
- Cork (low density)
- PE-LD foam (cross-linked, closed cell)
- PP foam (closed cell) - Sinterizzato e compresso

- **Fase 2**

Elenco delle proprietà rilevanti e rispettive unità di misura:

- |  |                           |
|--|---------------------------|
| • PREZZO                                     | EUR/kg                    |
| • DENSITA'                                   | Kg/m <sup>3</sup>         |
| • ISOLAMENTO TERMICO (Conducibilità termica) | W/m*°C                    |
| • IMPERMEABILITA'                            | %/24h                     |
| • DURABILITA' CHIMICA                        | Excellent/good/acceptable |
| • RIGIDEZZA (Modulo elastico)                | GPa                       |
| • MINIMA TEMPERATURA DI SERVIZIO             | °C                        |
| • MASSIMA TEMPERATURA DI SERVIZIO            | °C                        |

MATERIALE	PREZZO (E/Kg)	DENSITA' (Kg/m <sup>3</sup> )	CONDUCIBILITA' TERMICA (W/m <sup>2</sup> °C)	RIGIDEZZA (GPa)	DURABILITA' CHIMICA	IMPERMEABILITA' (%/24h)	T MIN SERVIZIO (°C)	T MAX SERVIZIO (°C)
Phenolic Foam	6 - 7,60	32 - 38	0,019 - 0,02	0,004 - 0,007	Good	5% - 6%	-200	120 - 130
PVC Foam	9 - 18	28 - 32	0,022 - 0,024	0,028 - 0,032	Excellent	6% - 7%	-90	67 - 72
PUR Foam	6 - 7,60	150 - 170	0,027 - 0,030	0,001	Acceptable	8% - 10%	-20 - -50	70
Styrene Acrylonitrile Foam	9 - 15	55	0,025 - 0,028	0,04 - 0,06	Good	<1%	-40	120
Polyethylene Terephthalato Foam	8 - 13	100 - 115	0,027 - 0,031	0,05 - 0,07	Good	<1%	-45	95
PS Foam	1,8 - 2,1	28 - 50	0,031 - 0,035	0,007 - 0,03	Good	1% - 3%	-60	82 - 87
Melamine Foam	7,5 - 10	9 - 12	0,032 - 0,035	0,0002	Acceptable	10% - 16%	-20 - -50	150
Cork - LD	2 - 10	120 - 180	0,035 - 0,042	0,01 - 0,03	Acceptable	8% - 10%	-20 - -70	140
PE - LD Foam	2,1 - 2,3	16 - 20	0,036 - 0,038	0,0003	Acceptable	<1%	-90	90
PP Foam	1,4 - 1,6	18 - 60	0,036 - 0,040	0,008	Excellent	1%	-20 - -60	100 - 110

t\_5

- **Fase 3**

In questa terza fase di normalizzazione ciascun requisito riceverà, in base al proprio valore numerico, un punteggio normalizzato su una scala da uno a dieci. In questo modo i materiali potranno essere confrontati efficacemente.

Per ciascuna proprietà il punteggio "10" indicherà una risposta vantaggiosa del materiale a quel requisito, mentre il punteggio "0" indicherà l'inadeguatezza.

MATERIALE	PREZZO	DENSITA'	CONDUCIBILITA' TERMICA	RIGIDEZZA	DURABILITA' CHIMICA	IMPERMEABILITA'	T MIN SERVIZIO (°C)	T MAX SERVIZIO (°C)
Phenolic Foam	8	0,15Kg	10	1	6	6	-200	120 - 130
PVC Foam	7	0,15Kg	8	4	9	5	-90	67 - 72
PUR Foam	6	0,15Kg	6	0	3	3	-20 - -50	70
Styrene Acrylonitrile Foam	4	0,15Kg	6	7	6	10	-40	120
Polyethylene Terephthalato Foam	0	0,15Kg	5	9	6	10	-45	95
PS Foam	10	0,15Kg	3	3	6	8	-60	82 - 87
Melamine Foam	10	0,15Kg	3	0	3	0	-20 - -50	150
Cork - LD	2	0,15Kg	1	3	3	3	-20 - -70	140
PE - LD Foam	10	0,15Kg	1	0	3	10	-90	90
PP Foam	10	0,15Kg	1	1	9	9	-20 - -60	100 - 110

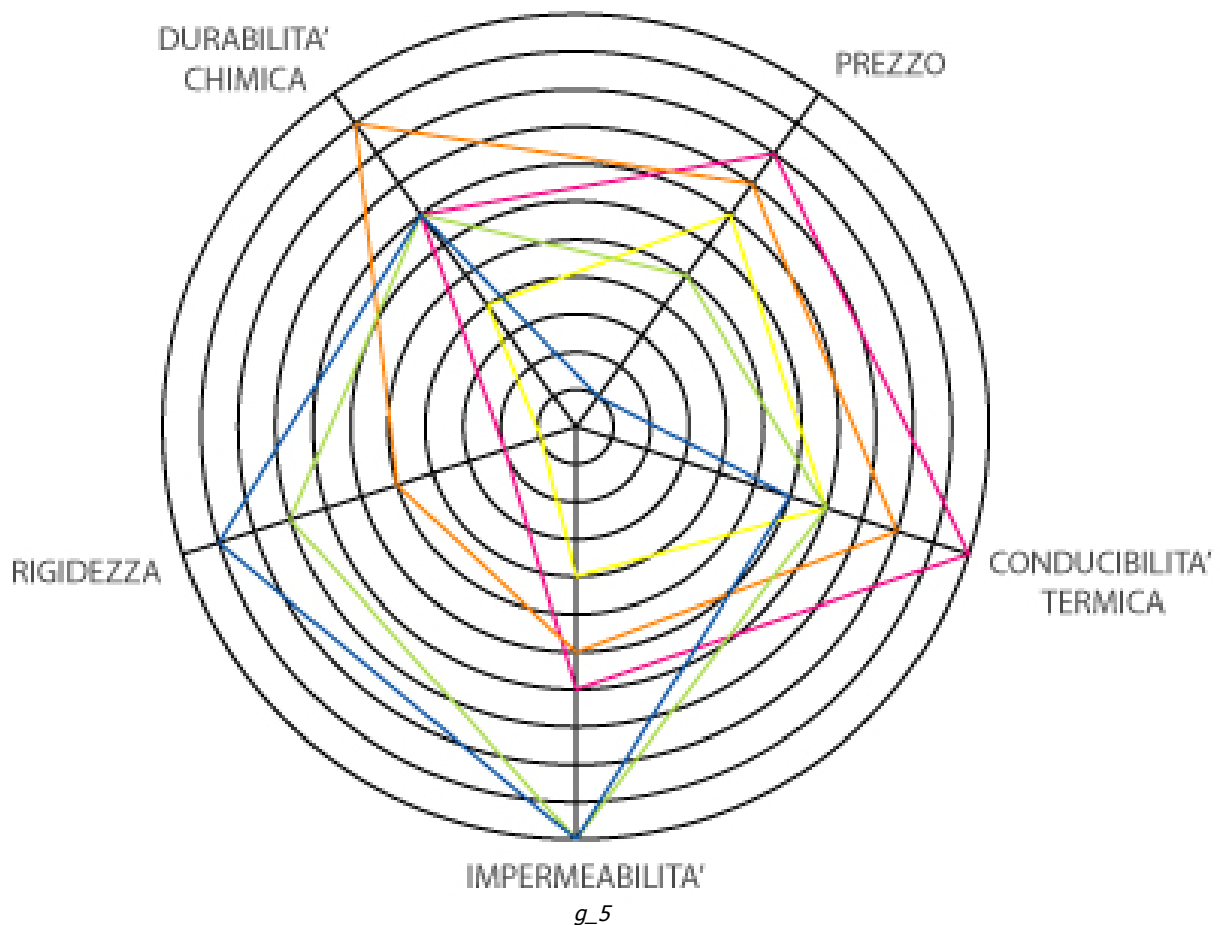
t\_6

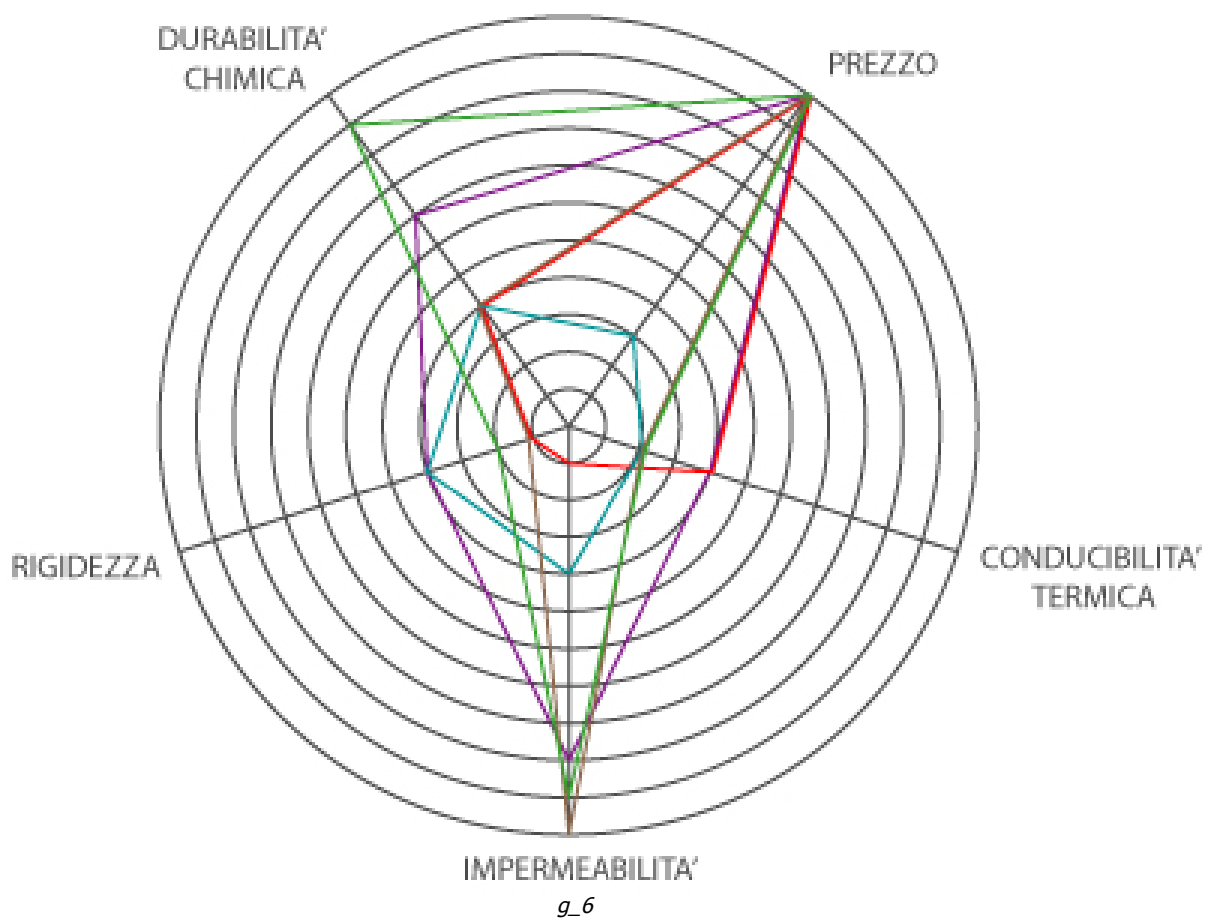


Per valutare il prezzo del componente è stata considerata necessaria una quantità di materiale pari a 0,15Kg e, in base alla densità al metro cubo di ciascun materiale, è stato ottenuto il punteggio relativo. Le proprietà di massima e minima temperatura di servizio invece non sono state normalizzate poiché, rientrando tutte nell'intervallo richiesto, pur essendoci differenze notevoli, non c'è un materiale più adeguato di un altro.

- **Fase 4**

A questo punto rappresento, attraverso due grafici radar, i punteggi ottenuti dai materiali in ciascuna proprietà. Tramite questo tipo di rappresentazione si può effettuare una valutazione efficace e complessiva.





- Phenolic Foam
- PVC Foam
- PUR Foam
- Styrene Acrylonitrile Foam
- Polyethylene Terephthalato Foam
- PS Foam
- Melamine Foam
- Cork - LD
- PE - LD Foam
- PP Foam

Posso escludere subito i materiali con un punteggio complessivamente basso, ovvero il sughero, il poliuretano e la schiuma melamminica. Gli altri materiali, che sembrano rispondere in maniera più completa ai requisiti richiesti, verranno valutati più attentamente.

Alcune delle caratteristiche presentate presentano un valore minimo non accettabile. Questo accade ad esempio per l'impermeabilità. Un materiale assorbente infatti è un materiale che si sporca facilmente, quindi non adatto da un punto di vista estetico. Per questo requisito quindi è necessario escludere tutti i materiali che hanno ricevuto un punteggio inferiore ad "8", ovvero tutti quelli che, immersi nell'acqua, ne assorbono in ventiquattro ore più del 2%, (schiuma fenolica, schiuma di PVC).

Tra i materiali rimasti quelli che offrono prestazioni complessivamente più elevate sono la schiuma di Stirene Acrilonitrile e di Polietilentereftalato. Nomi commerciali di questi materiali sono ad esempio "NidaFoam", "Airex" e "Corecell". Tuttavia, attraverso una ricerca sugli impieghi di queste schiume, è emerso che vengono prodotte esclusivamente in forma di lastre estruse per l'isolamento o lastre termoformabili. Dunque non è possibile ottenere attraverso un unico processo di formatura una geometria solida tridimensionale, inoltre il processo di estrusione produce, indipendentemente dalla rigidità e dalla durabilità chimica del materiale, dei manufatti friabili.

Osservando il secondo grafico radar e in particolare i tracciati di polistirene, polietilene e polipropilene possiamo escludere la schiuma di polietilene perché è quella con la rigidità e la durabilità chimica più basse. Polistirene e polipropilene, in forma espansa e con spessori elevati, sono entrambi materiali che vengono formati sia attraverso l'estrusione che attraverso la compattazione con sinterizzazione. E' soltanto però quest'ultimo processo che riesce a ridurre la friabilità superficiale dei manufatti. Tra polistirene e polipropilene infine, secondo il grafico radar, il polistirene sembrerebbe avere caratteristiche prestazionali superiori, in particolar modo per quanto riguarda conducibilità termica e rigidità. Tuttavia, attraverso una ricerca di prodotti commerciali esistenti, ho potuto constatare che il polipropilene espanso è, tra i due, il materiale con caratteristiche meccaniche complessivamente migliori.

I punti deboli del polipropilene espanso sono la conducibilità termica e la rigidità. Quindi è necessario verificare che i valori relativi a queste due proprietà siano comunque accettabili.

La conducibilità termica del polipropilene espanso è di circa 0,038 W/m\*°C; quella del poliuretano in schiuma (il materiale utilizzato attualmente come isolante nei frigoriferi) è di circa 0,028 W/m\*°C. Vado quindi a valutare di quanto devo aumentare lo spessore della mia parete per avere caratteristiche di isolamento analoghe.

$$S_{PP} = S_{PUR} \cdot \frac{\lambda_{PP}}{\lambda_{PUR}}$$

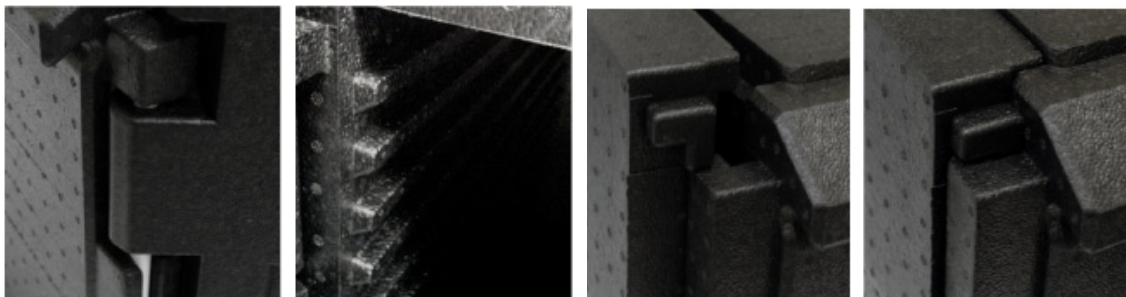
$$x = 0,04 \cdot \frac{0,038}{0,028} = 0,055 \text{ m}$$

Lo spessore  $S$  di una parete isolante in schiuma poliuretanicca è stata stimata 4 cm, valore utile per un frigorifero in classe energetica "A". Di conseguenza una parete in polipropilene espanso altrettanto isolante dovrà avere uno spessore di almeno 5,5 cm.

Per quanto riguarda invece la rigidità ho effettuato una valutazione di tipo empirico prendendo in esame un prodotto esistente in polipropilene compresso e sinterizzato. Si tratta di un contenitore isotermico a caricamento frontale prodotto dall'azienda Bertoli s.a.s. Le caratteristiche meccaniche di questo prodotto risultano adeguate dal momento che il materiale non si comprime sotto la forza esercitata dalla pressione del dito umano.



*Contenitore Bertoli a caricamento frontale - EPP sinterizzato - Densità  $50\text{Kg}/\text{m}^3$*



*Contenitore Bertoli a caricamento frontale - Dettagli*

## 7.2- Possibili alternative al materiale selezionato.

Nella fase di selezione del materiale ho avuto modo di notare caratteristiche molto interessanti di materiali scartati. La schiuma fenolica ad esempio ha il punteggio più alto per quanto riguarda una delle caratteristiche più importanti, ovvero la conducibilità termica. Questo significa che un frigorifero che utilizza questo materiale come isolante può avere pareti con spessori minori. Il materiale, che non presenta le caratteristiche strutturali e di impermeabilità adeguate, potrebbe essere utilizzato ad esempio come riempimento di una struttura ottenuta mediante stampaggio rotazionale (tecnologia produttiva presa in considerazione nel capitolo precedente).

Una seconda possibilità è rappresentata, secondo me, dal polistirene espanso. Questo materiale, ampiamente utilizzato nel settore degli imballaggi presenta una conducibilità termica molto buona ed è tanto economico da venire utilizzato come materiale usa e getta nelle confezioni di molti prodotti. Ho effettuato quindi una ricerca per valutare se le scarse caratteristiche di durabilità superficiale di questo materiale possano essere "corrette" attraverso trattamenti superficiali a temperatura ambiente. Una delle soluzioni emerse è il trattamento spray a base di poliurea, impermeabilizzante, indurente ed estetico.



83

*Contenitore stampato in rotazionale*

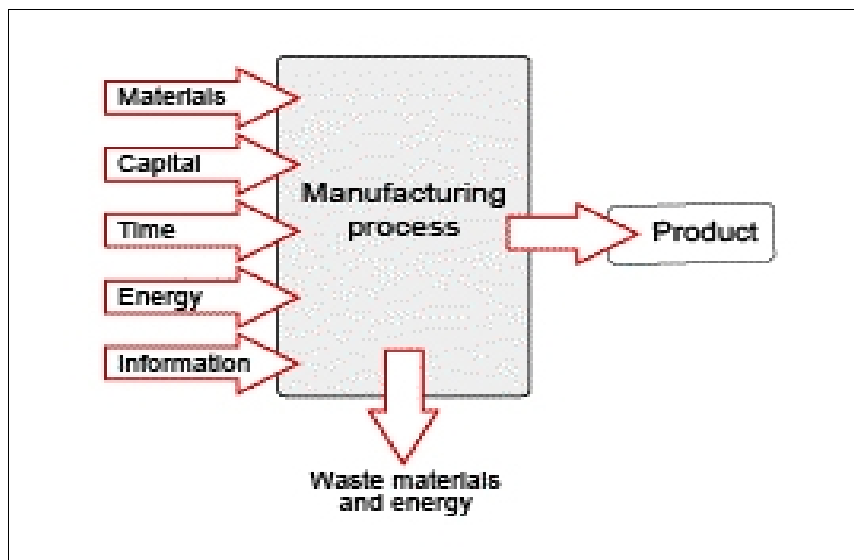


84

*"Kruikantoor" - Ufficio componibile in EPS rivestito in poliurea*

## 8- Engineering - Calcolo dei costi.

L'ultima fase di ingegnerizzazione riguarda il calcolo dei costi dei nuovi componenti. Questa operazione ci permette di avvicinarci ancora di più alla comprensione delle molteplici variabili in gioco nell'ideazione di nuovi componenti. Questa fase quindi affronta, in modo semplificato, problematiche legate alla fase esecutiva dello sviluppo di un nuovo prodotto rendendo la progettazione più efficiente, accurata e consapevole. Ai fini di un progetto, conoscere i costi di produzione, non vuol dire solamente sapere qual'è l'entità del costo dei singoli pezzi, ma anche qual'è il costo delle attrezzature per costruirli e della manodopera che lavora durante il processo di produzione.



85

*Input di costo nel processo produttivo*

Relative ranking	Tooling cost, \$	Equipment cost, \$	Labor intensity, hours/unit
Low	$< 10^3$	$< 10^4$	$< 0.1$
Medium	$10^3 - 10^4$	$10^4 - 10^5$	0.1 – 30
High	$10^4 - 10^5$	$10^5 - 10^6$	30 – 300
Very high	$> 10^5$	$> 10^6$	$> 300$

t\_7

*Indicazioni di massima sui regimi produttivi*

## 8.1- Modello di costo.

Il costo del manufatto "C" è dato da:

$$C = C1 + C2 + C3 + C4$$

- C1= Costo del materiale [€]
- C2= Costo dello stampo [€]
- C3= Costo capitale del macchinario [€]
- C4= Costi indiretti [€]

Risorsa	Simbolo	Unità
Materiali	C <sub>m</sub>	€/Kg
Capitale [costo macchinario, costo utensile]	C <sub>c</sub> , C <sub>t</sub>	€, €
Tempo [costi indiretti sull'unità di tempo inclusi. Es. manodopera]	C <sub>oh</sub>	€/h
Energia	C <sub>e</sub>	€/h
Spazio, ... [costo/h]	C <sub>s,a</sub>	€/h
Informazione [R&S, diritti e licenze]	C <sub>i</sub>	€/h

t\_8

$$C = C1 + C2 + C3 + C4$$

$$C1 = \frac{mC_m}{(1 - f)}$$

m: Peso del materiale [Kg]

C<sub>m</sub>: Costo unitario del materiale [€/Kg]

f: Percentuale di scarto/sfrido

- Il costo C1 è indipendente dalla dimensione del lotto.

$$C = C1 + C2 + C3 + C4$$

$$C2 = \frac{C_t}{n} \left[ \text{Int} \left( \frac{n}{n_t} + 0,51 \right) \right]$$

$C_t$ : Costo dell'utensile/attrezzatura [€]

$n$ : Dimensione numerica del lotto da produrre [pezzi]

$n_t$ : N° dei pezzi producibili con un utensile (vita dell'utensile) [pezzi]

- $\text{Int}$  è la funzione numero intero.
- Il costo  $C2$  è inversamente proporzionale al numero dei pezzi  $n$

$$C = C1 + C2 + C3 + C4$$

$$C3 = \frac{1}{n^*} \left( \frac{C_c}{L t_{\text{two}}} \right)$$

$C_c$ : Costo capitale del macchinario [€]

$n^*$ : Ritmo produttivo [pezzi/h]

$L$ : Fattore di carico

$t_{\text{two}}$ : Tempo di ammortamento [h]

- Il costo  $C3$  raramente è "dedicato" (il macchinario può essere utilizzato per diversi prodotti)
- Il costo  $C3$  è inversamente proporzionale al ritmo produttivo  $n^*$

$$C = C1 + C2 + C3 + C4$$

$$C4 = \frac{C_{oh}}{n^*}$$

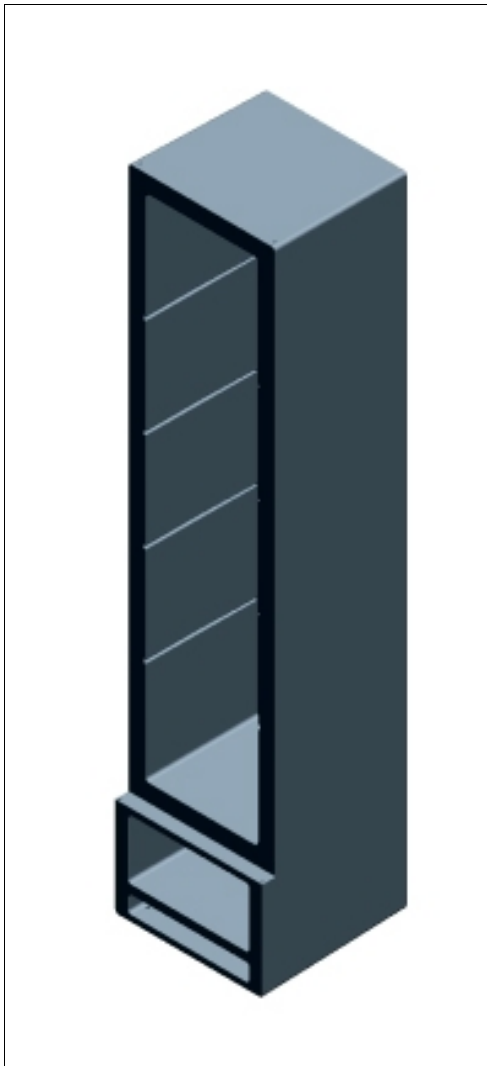
$C_{oh}$ : Costi indiretti sull'unità di tempo [€/h]

$n^*$ : Ritmo produttivo [pezzi/h]

- Il costo  $C4$  rappresenta i costi di energia, lavoro, amministrazione e costi generali
- Il costo  $C4$  è inversamente proporzionale al ritmo produttivo  $n^*$



## 8.2- Corpo principale - calcolo del costo.



### PROCESSO: Compressione e sinterizzazione

MATERIALE: PP Espanso

VOLUME: 0,14 m<sup>3</sup>

DENSITA': 40 Kg/m<sup>3</sup>

PESO: 5,6 Kg

COSTO DEL MATERIALE: 1,5 €/Kg

COSTI INDIRETTI SULL'UNITA' DI TEMPO: 110 €/h

FATTORE DI CARICO: 0,5

Lotto produttivo ipotizzato: 10000 pezzi

Tempo di ammortamento ipotizzato: 5 anni

*(Dati rilevati dal software CES)*

$$C = C1 + C2 + C3 + C4$$

86

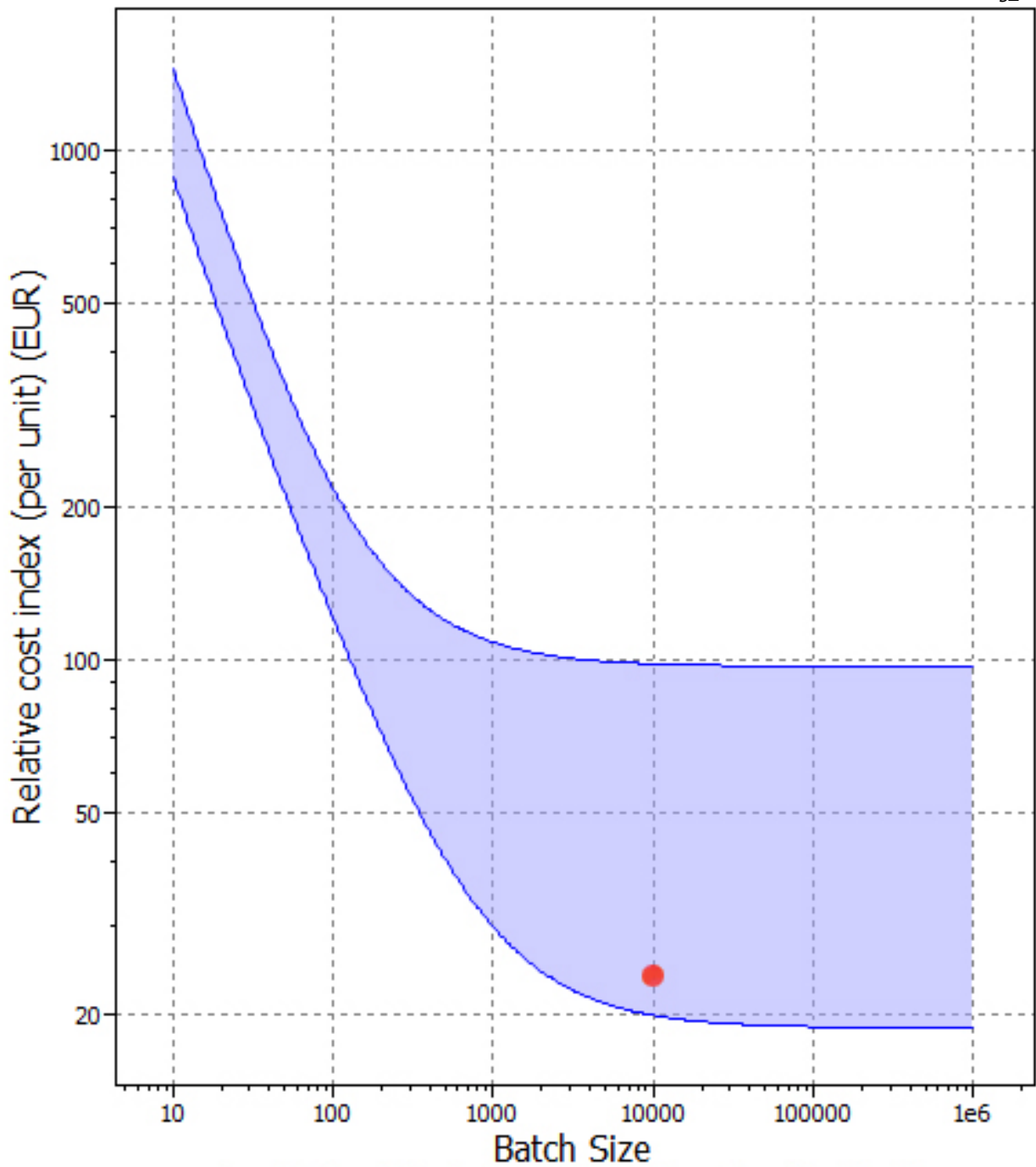
$$C1 = \frac{mC_m}{(1-f)} = \frac{5,6 \cdot 1,5}{(1-0)} = 8,4 \text{ €}$$

$$C2 = \frac{C_t}{n} \left[ \text{Int} \left( \frac{n}{nt} + 0,51 \right) \right] = \frac{10000}{10000} \left[ \text{Int} \left( \frac{10000}{20000} + 0,51 \right) \right] = 1 \text{ €}$$

$$C3 = \frac{1}{n^*} \left( \frac{C_c}{L_{two}} \right) = \frac{1}{10} \left( \frac{1200000}{0,5 \cdot 43830} \right) = 5,5 \text{ €}$$

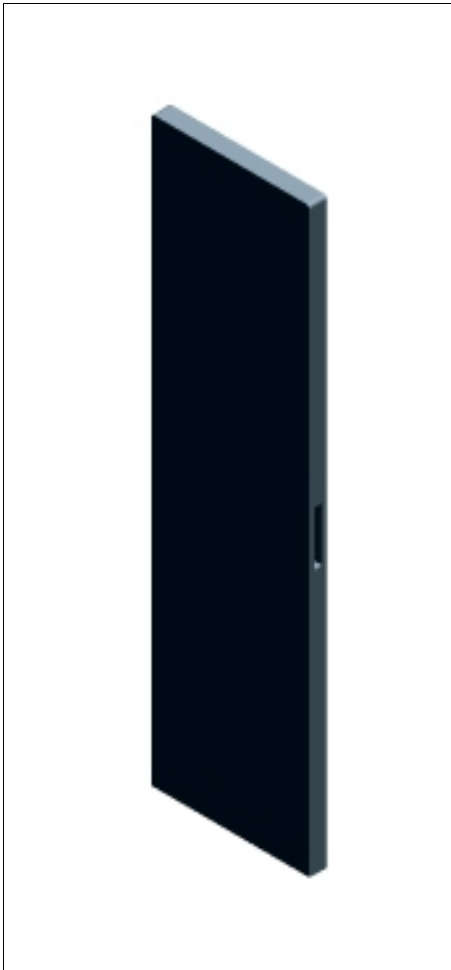
$$C4 = \frac{C_{oh}}{n^*} = \frac{110}{10} = 11 \text{ €}$$

$$C_{tot} = 8,4 + 1 + 5,5 + 11 = 25,9 \text{ €}$$



Load Factor=0.5, Capital Write-off Time=5yrs, Overhead  
Rate=110EUR/hr, Component Mass=5.6kg, Material Cost=1.5EUR/kg

### 8.3- Porta reversibile - calcolo del costo.



#### PROCESSO: Compressione e sinterizzazione

MATERIALE: PP Espanso

VOLUME: 0,043 m<sup>3</sup>

DENSITA': 20 Kg/m<sup>3</sup>

PESO: 0,86 Kg

COSTO DEL MATERIALE: 1,5 €/Kg

COSTI INDIRETTI SULL'UNITA' DI TEMPO: 110 €/h

FATTORE DI CARICO: 0,5

Lotto produttivo ipotizzato: 10000 pezzi

Tempo di ammortamento ipotizzato: 5 anni

*(Dati rilevati dal software CES)*

$$C = C1 + C2 + C3 + C4$$

87

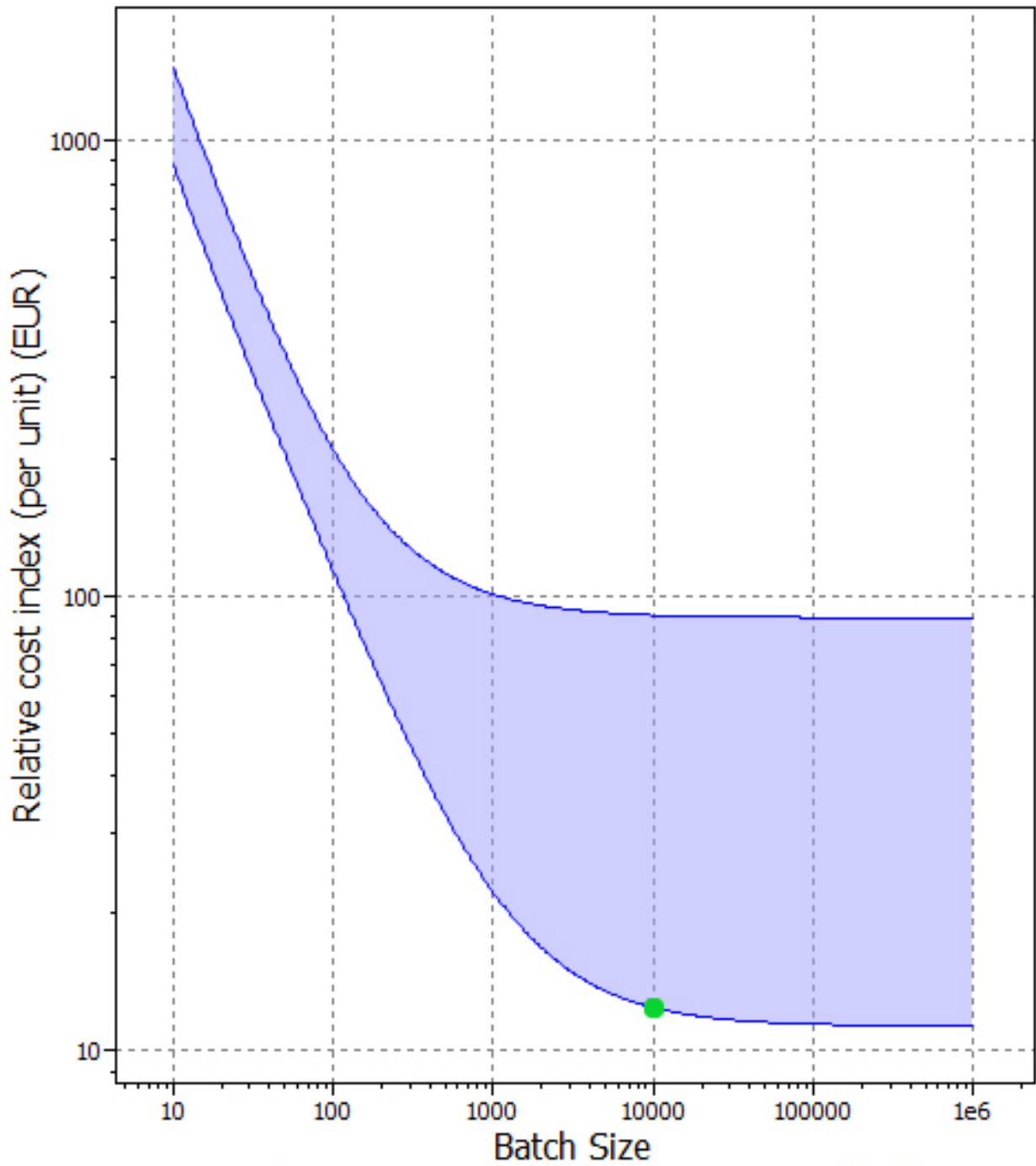
$$C1 = \frac{mC_m}{(1-f)} = \frac{0,86 \cdot 1,5}{(1-0)} = 1,3 \text{ €}$$

$$C2 = \frac{C_t}{n} \left[ \text{Int} \left( \frac{n}{n_t} + 0,51 \right) \right] = \frac{10000}{10000} \left[ \text{Int} \left( \frac{10000}{20000} + 0,51 \right) \right] = 1 \text{ €}$$

$$C3 = \frac{1}{n^*} \left( \frac{C_c}{L_{two}} \right) = \frac{1}{20} \left( \frac{1200000}{0,5 \cdot 43830} \right) = 2,73 \text{ €}$$

$$C4 = \frac{C_{oh}}{n^*} = \frac{110}{20} = 5,5 \text{ €}$$

$$C_{tot} = 1,3 + 1 + 2,73 + 5,5 = 10,53 \text{ €}$$



Load Factor=0.5, Capital Write-off Time=5yrs, Overhead  
Rate=110EUR/hr, Component Mass=0.86kg, Material Cost=1.5EUR/kg

## 8.4- Costi produttivi - considerazioni.

Dai grafici relativi al corpo principale e alla porta emerge che, per quanto riguarda il processo produttivo di compressione e sinterizzazione, un lotto di produzione è ragionevolmente economico a partire da diecimila pezzi, (lotto produttivo ipotizzato).

Il costo del materiale e i costi indiretti contribuiscono maggiormente al costo complessivo dei manufatti: i costi indiretti sono infatti di circa centodieci euro all'ora e includono la manodopera, l'energia impiegata, le spese di amministrazione e i costi generali, la sua incidenza si riduce, chiaramente, all'aumentare dei pezzi prodotti nell'arco di un'ora. Il valore ipotizzato per il corpo principale è di dieci pezzi all'ora, questo valore è stato stimato, in un range da due a venti, sulla base della semplicità geometrica del componente e sul fatto che il processo di compressione e riscaldamento, impiegato principalmente per i materiali metallici, utilizza, nel caso del polipropilene, temperature e pressioni inferiori. Anche nel caso della porta reversibile, i costi indiretti "C4" sono i maggiori, tuttavia sono inferiori rispetto al corpo principale perché, trovandomi di fronte a un elemento formalmente ancora più semplice, ho ipotizzato un ritmo produttivo di venti pezzi all'ora.

Il costo del materiale è la seconda variabile in ordine di incidenza sul costo, tuttavia trattandosi di espansi la loro densità è notevolmente ridotta, per cui è possibile ottenere, con una quantità limitata di materiale, manufatti voluminosi. Per la porta inoltre ho ipotizzato una densità del materiale dimezzata rispetto al corpo principale ( $0,020 \text{ Kg/m}^3$  anziché  $0,040 \text{ Kg/m}^3$ ) perché non sono necessari requisiti strutturali.

Per lotti produttivi superiori il costo si modifica in modo irrilevante, mentre per produzioni inferiori, ad esempio mille pezzi, il costo finale di ciascun componente aumenterebbe di circa dieci euro in entrambi i casi, come si può vedere dai grafici.

I costi emersi infine non rappresentano il prezzo reale dei manufatti, ma una stima verosimile degli stessi, effettuata attraverso un procedimento che semplifica alcune delle variabili coinvolte.

## 9- "Freezestorage" - Design definitivo.

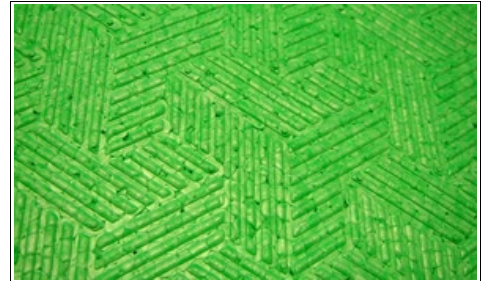
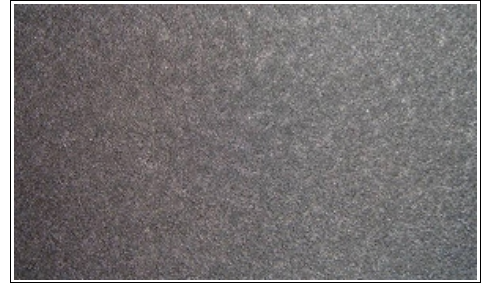
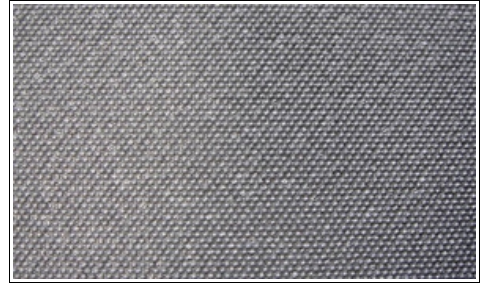
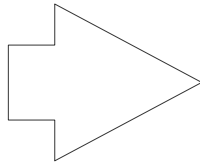
In questo capitolo verranno presentate le scelte progettuali finali. Ripartendo dal concept e tenendo in considerazione le informazioni ricavate nella fase di ricerca precedentemente effettuata e nella successiva ricerca ingegneristica presenterò un frigorifero dal design totalmente definito. Questo capitolo quindi include tutte le scelte progettuali compiute su questo prodotto; scelte che hanno tenuto conto in maniera complessiva degli aspetti fondamentali del product design: funzione, ergonomia, tecnologia, processi (produttivo, distributivo, di smaltimento), semiotica.

Questa importante fase della progettazione si occuperà inoltre di risolvere ogni aspetto tecnico lasciato in sospeso attraverso la costruzione di un modello virtuale tramite software di modellazione 3D. In questo modo avremo anche un riscontro diretto delle dimensioni, dei volumi, delle proporzioni e della correttezza del progetto. Le verifiche estetiche invece verranno effettuate con un software di renderizzazione.

Nelle pagine seguenti presenterò il frigorifero progettato mettendo in evidenza le caratteristiche rilevanti:

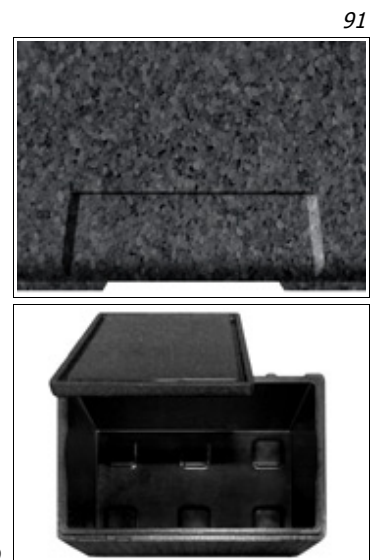
- **Aspetti materico/funzionali.**
- **Assemblaggio fai-da-te.**
- **Scelte tecniche/tecnologiche.**
- **Funzionamento.**
- **Riutilizzo e smaltimento.**

## 9.1- Caratteristiche materiche.



Possibili texture del materiale "ARPRO<sup>®</sup>" (EPP) prodotto da JSP

Il corpo principale e la porta reversibile sono entrambi in Polipropilene espanso compresso e sinterizzato. Questo materiale Ha eccellenti caratteristiche meccaniche rispetto agli altri espansi. Il corpo principale ha una densità di  $50\text{Kg/m}^3$  mentre la porta  $30\text{Kg/m}^3$ . Alla temperatura di  $10^\circ\text{C}$  la conducibilità termica di queste due densità è rispettivamente di  $0,037\text{ W/mK}$  e  $0,035\text{ W/mK}^*$ . Le superfici esterne hanno una texture sabbata, quelle interne invece una texture perfettamente liscia, ottenuta tramite la cristallizzazione dello strato più superficiale durante il processo produttivo, che migliora l'impermeabilità e facilita la pulizia. Il polipropilene è un materiale idoneo per il contatto con sostanze alimentari. Non cede odori e sapori anomali agli alimenti ed è facilmente lavabile. Il colore naturale di questo prodotto è il "nero" - si tratta in pratica di grigio scuro- ed è lo stesso scelto per il frigorifero. Le possibilità di colorazione e texture superficiali sono molteplici, tuttavia, per ragioni di natura economica, ho scelto il nero e una texture semplice.



Contenitore isotermico in EPP "SDS POLIBOX ®" con interno cristallizzato

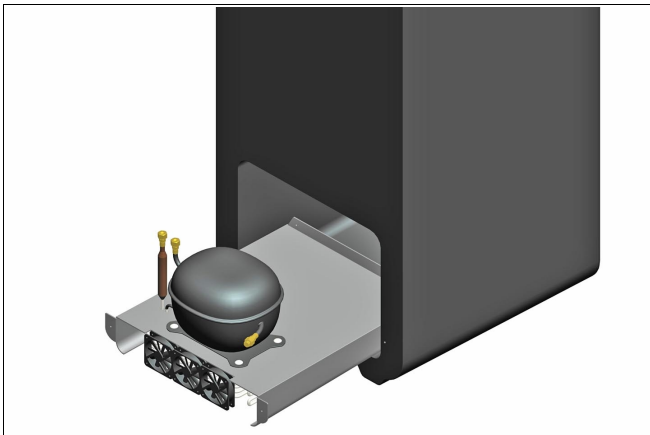
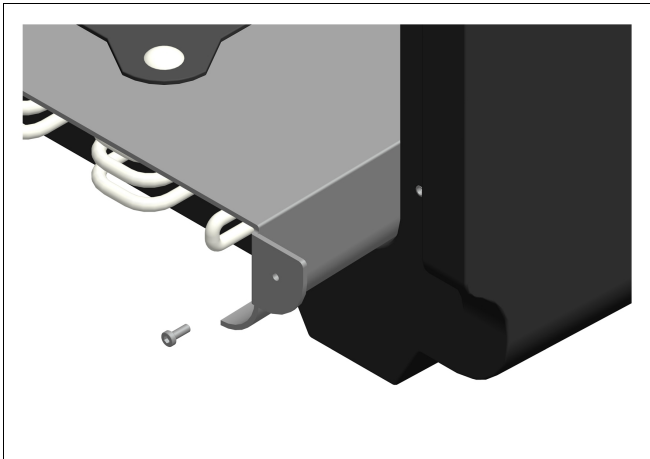
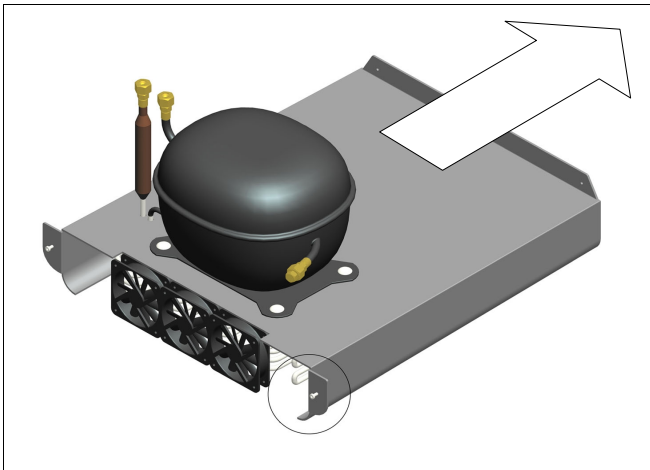
\* Dati rilevati dalla scheda tecnica del materiale ARPRO® prodotto da JSP.



## 9.2- Assemblaggio fai-da-te.

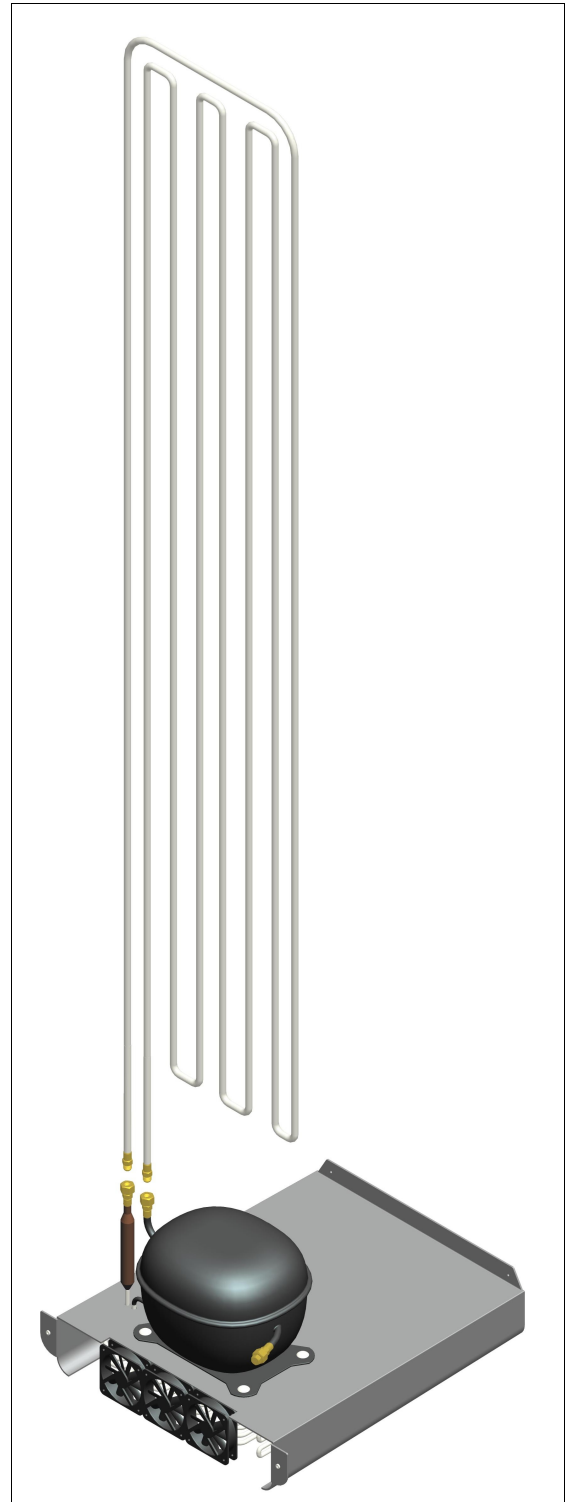
- 1 - Inserimento del kit di refrigerazione
- 2 - Collegamento al corpo principale mediante viti
- 3 - Inserimento dell'evaporatore dalla cella interna all'interno dei due fori predisposti

93

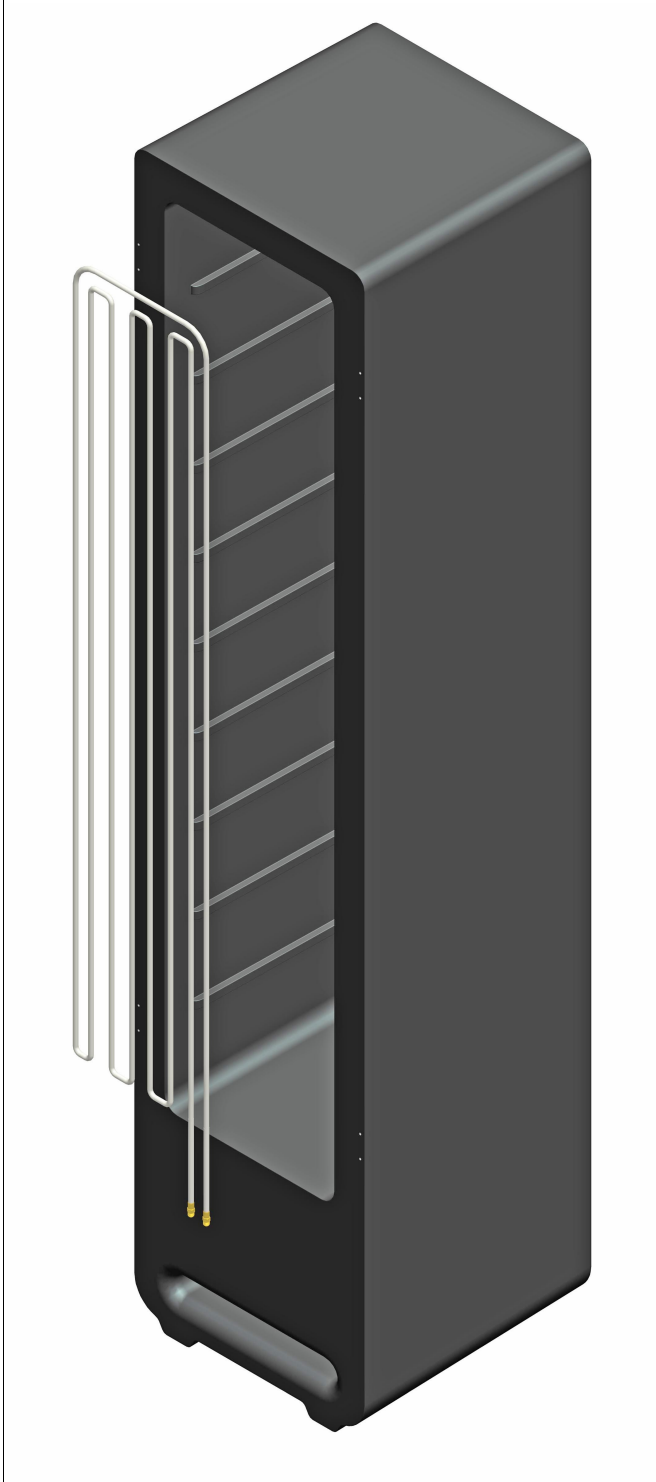


95 96

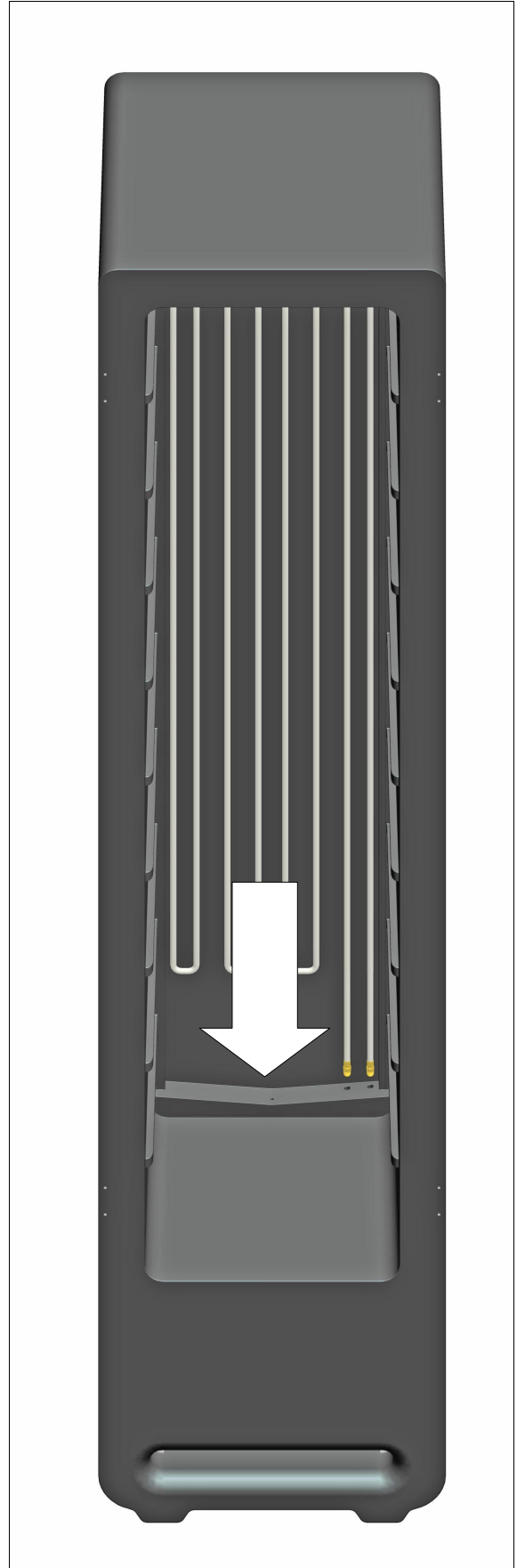
94



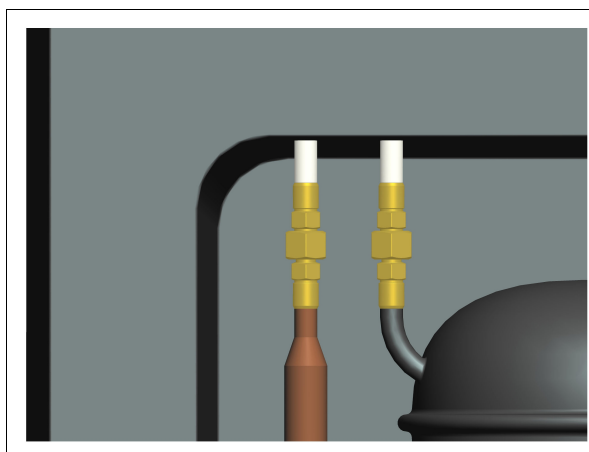
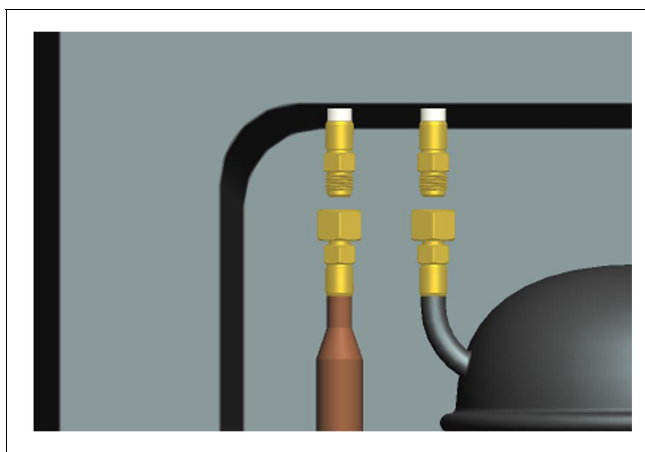
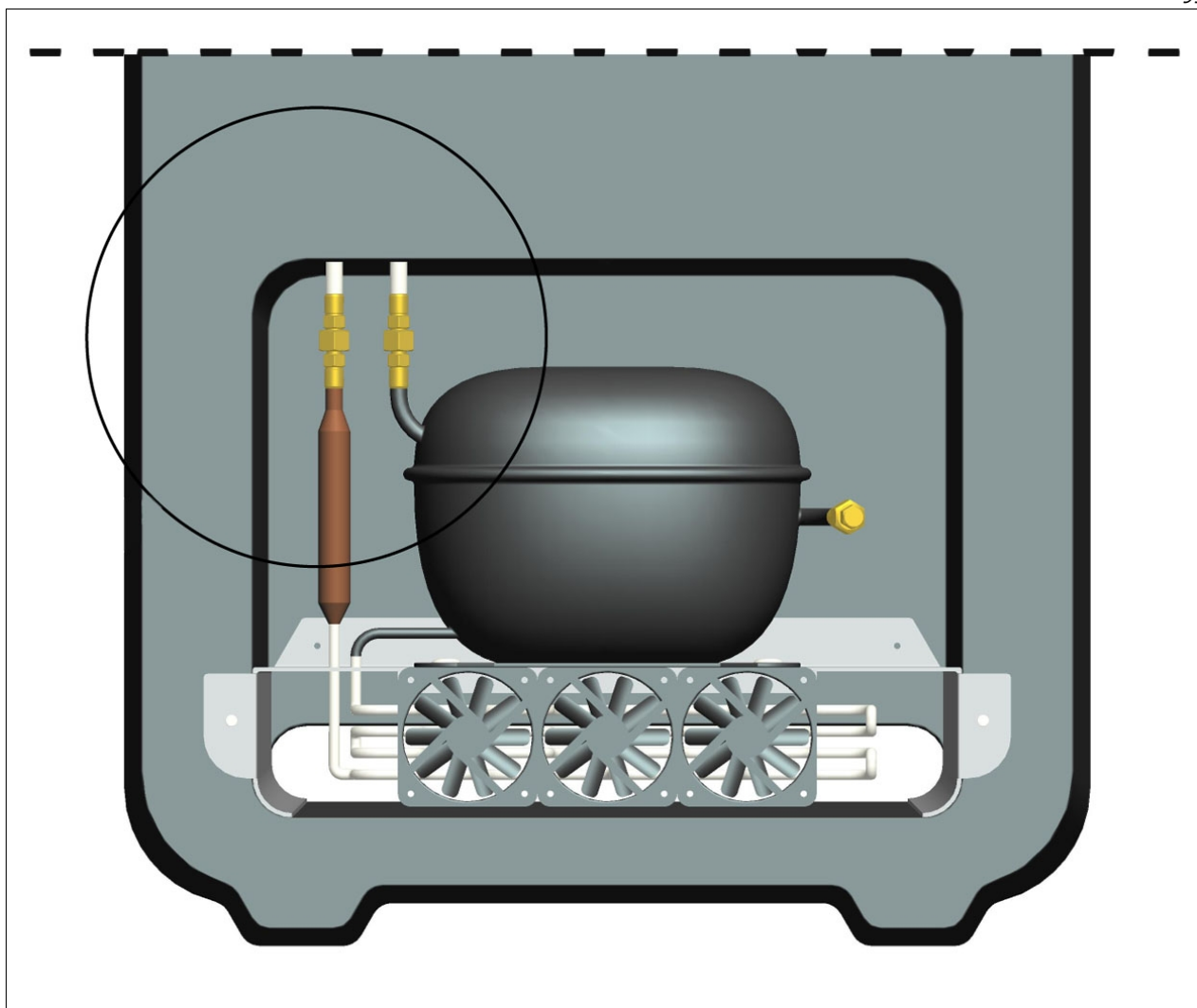
97



4 - Inserimento evaporatore



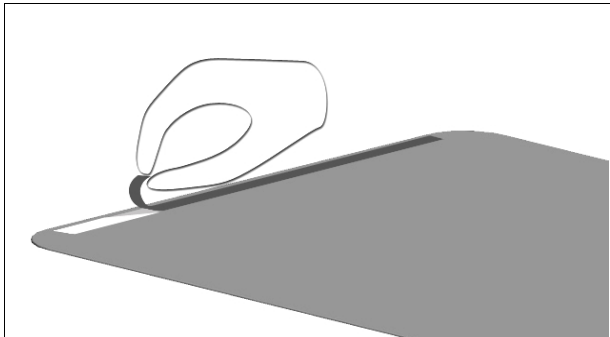
98



5 – Collegamento del circuito refrigerante mediante attacchi rapidi

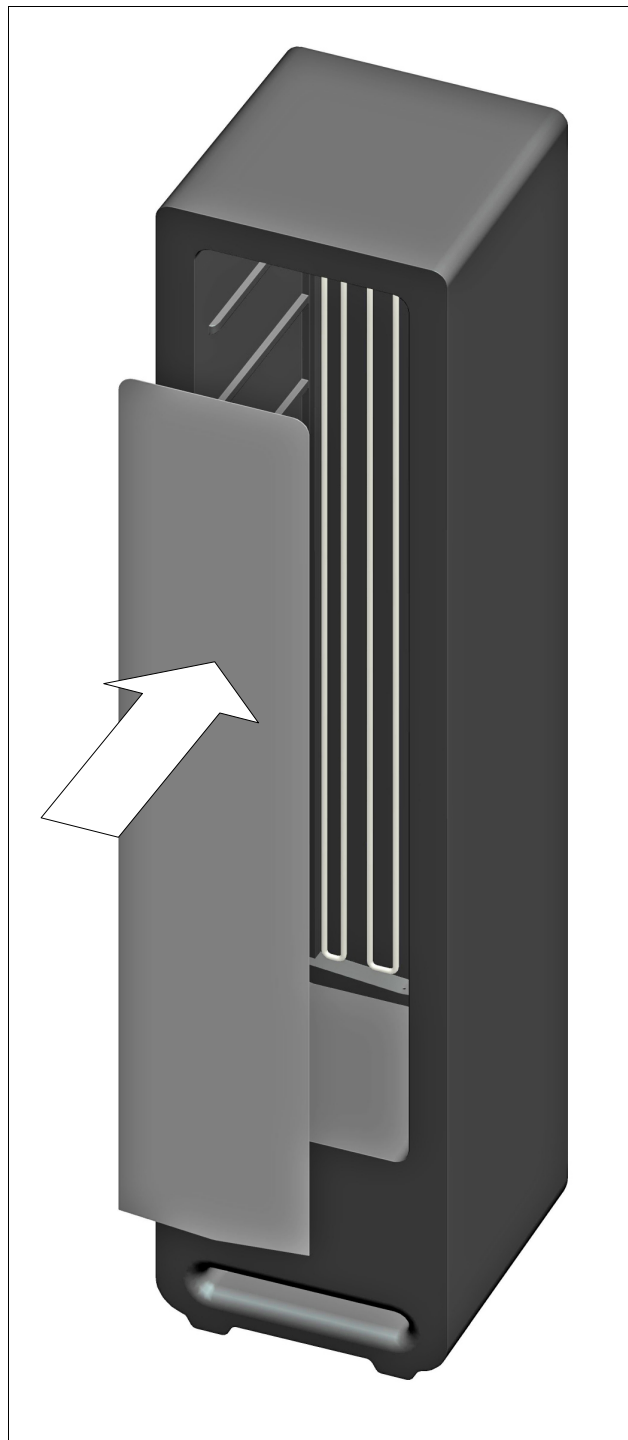
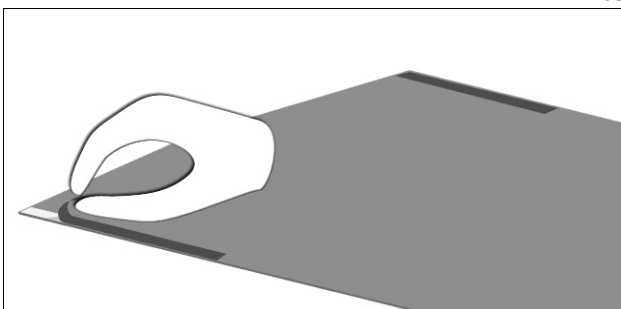
100 101

102



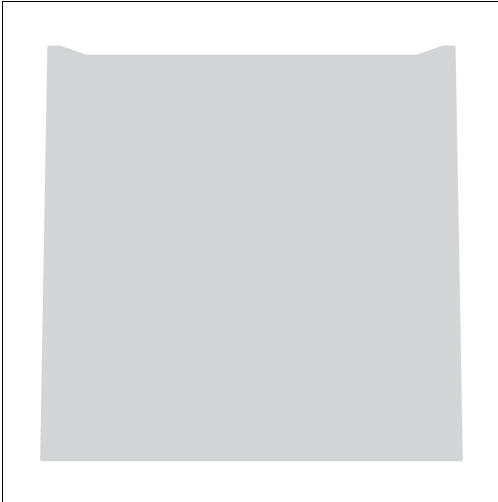
6 – Applicazione del pannello flessibile copri-evaporatore tramite adesivi

103

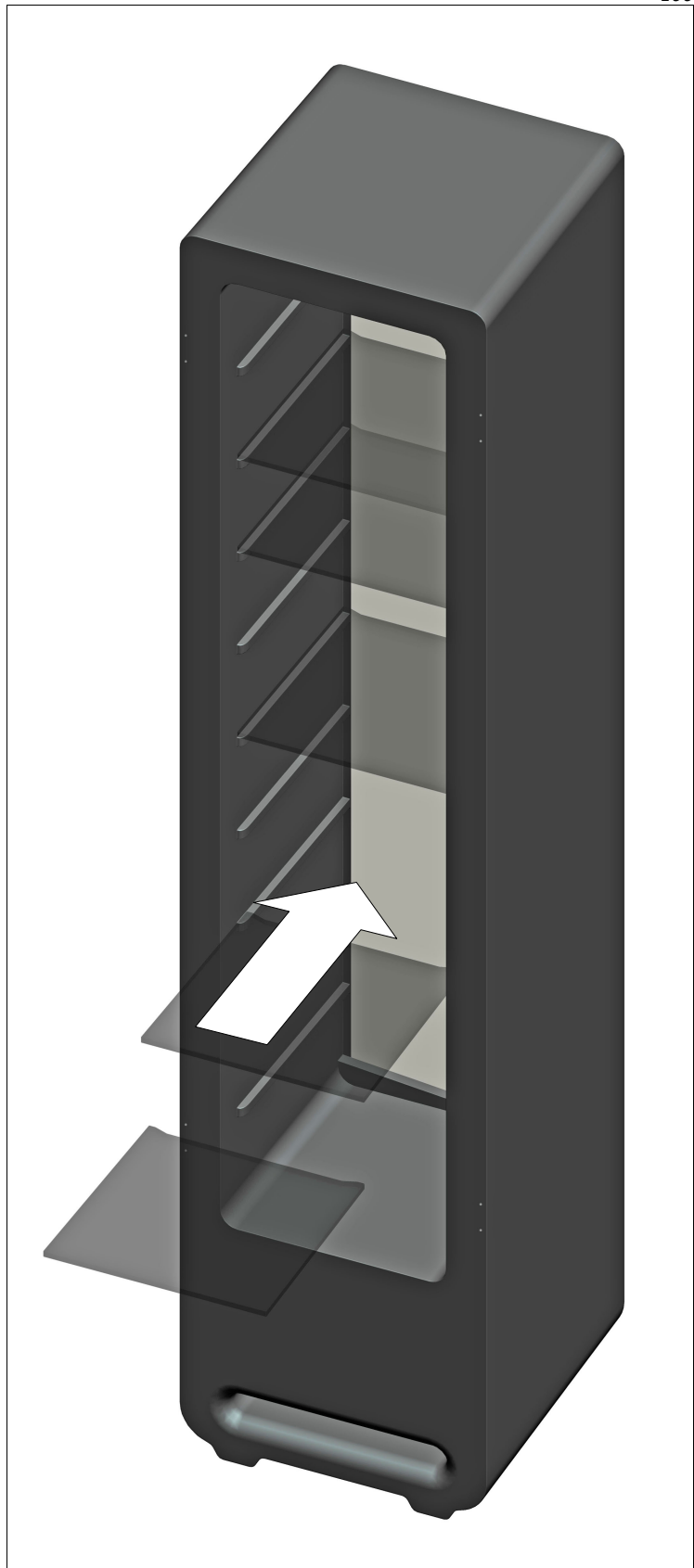


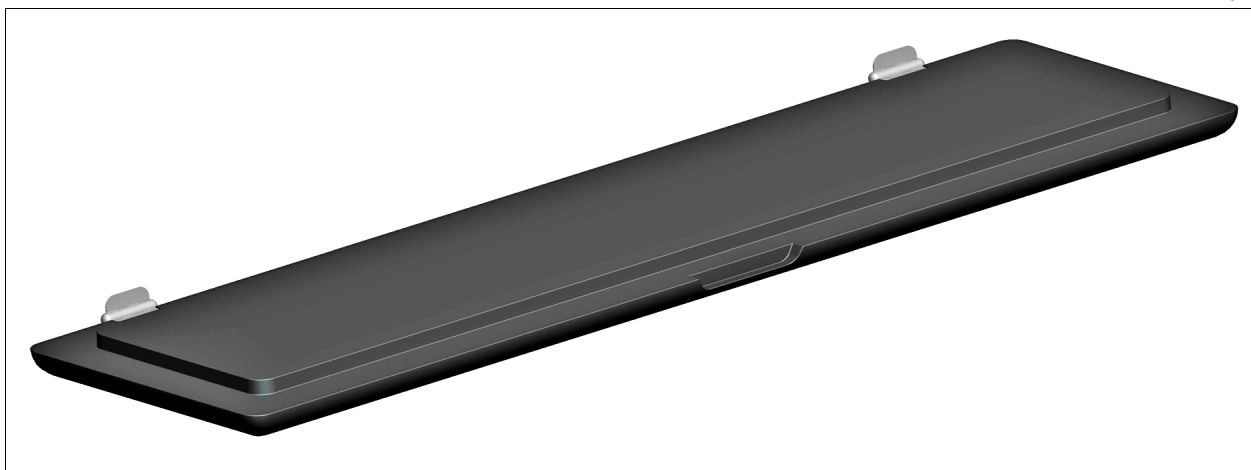
104

105

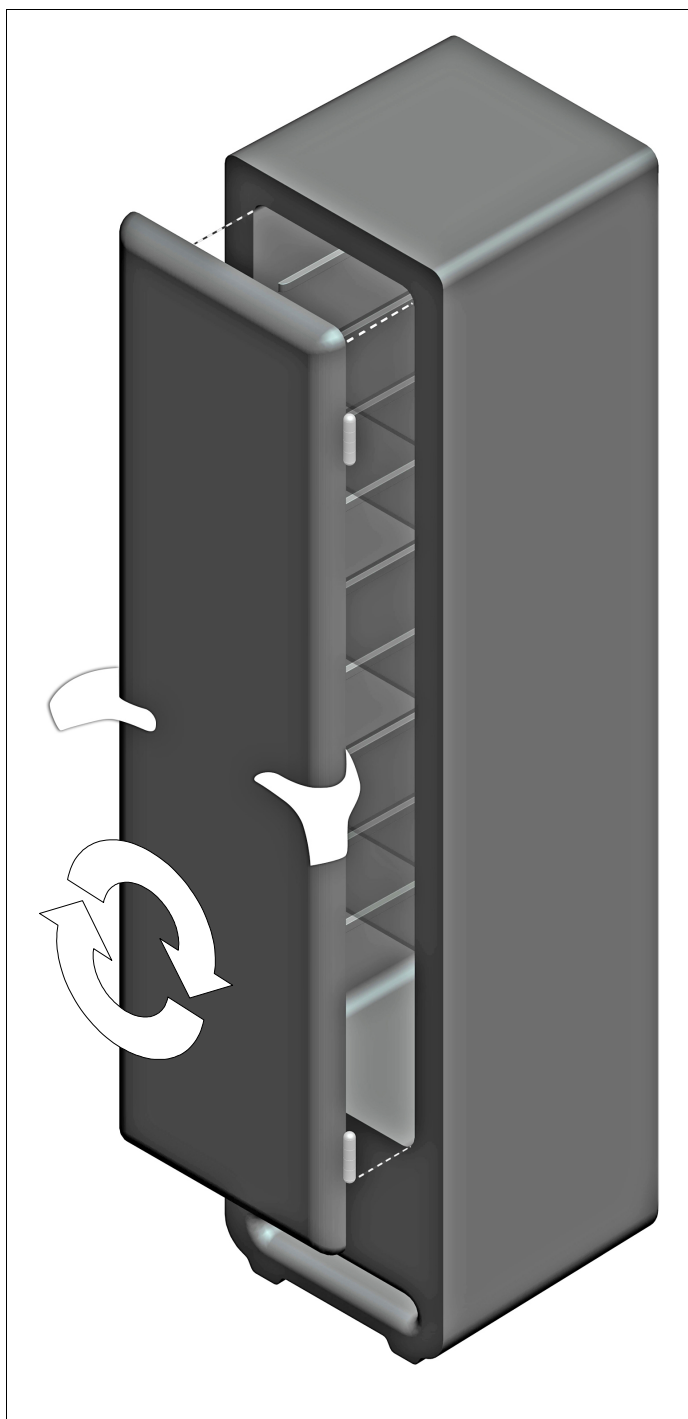


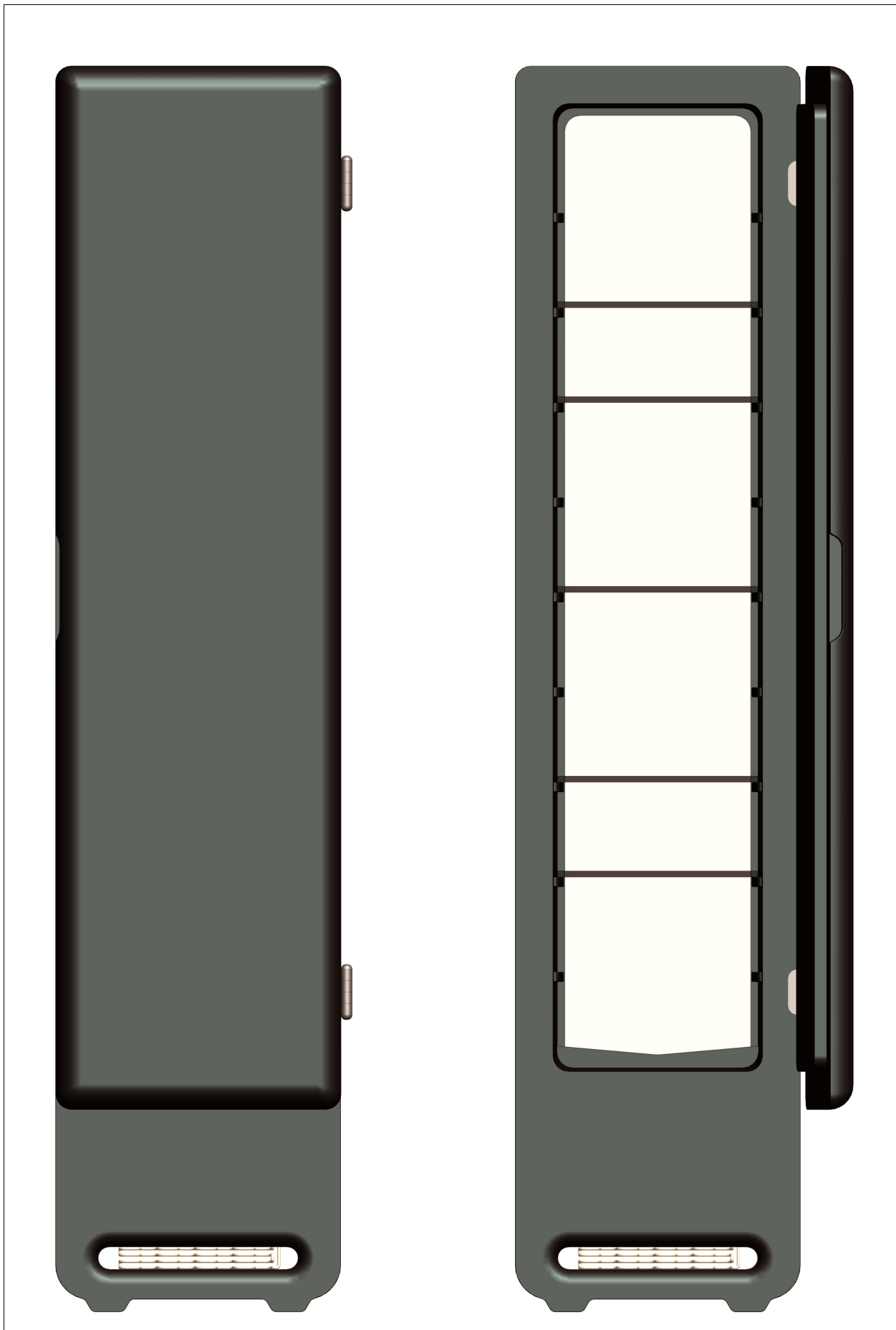
7 – Inserimento ripiani in policarbonato





8 – Applicazione della porta reversibile  
tramite viti 108





I componenti di questo frigorifero sono stati progettati per ottimizzare l'assemblaggio fai-da-te. Questa idea non nasce soltanto dalla possibilità di ridurre una parte dei costi di manodopera, ma anche dalla volontà di coinvolgere l'acquirente in un'esperienza ludica e conoscitiva allo stesso tempo. "Costruire" un frigorifero infatti significa conoscere gli elementi che lo compongono e il modo in cui essi interagiscono fra di loro. Questo prodotto quindi non affascina l'utente per le sue funzioni e dispositivi "extra", ma fa dell'esperienza del fai-da-te la sua caratteristica di attrattività.

Gli accessori sono stati volontariamente ridotti al minimo sia per una ragione economica sia per ridurre il numero dei componenti e semplificare l'assemblaggio. All'interno infatti sono presenti unicamente i ripiani in vetro. Questa scelta tiene conto del fatto che numerosi accessori possono essere recuperati tramite l'acquisto dei prodotti alimentari stessi e attraverso l'utilizzo di comuni casalinghi.

111



112

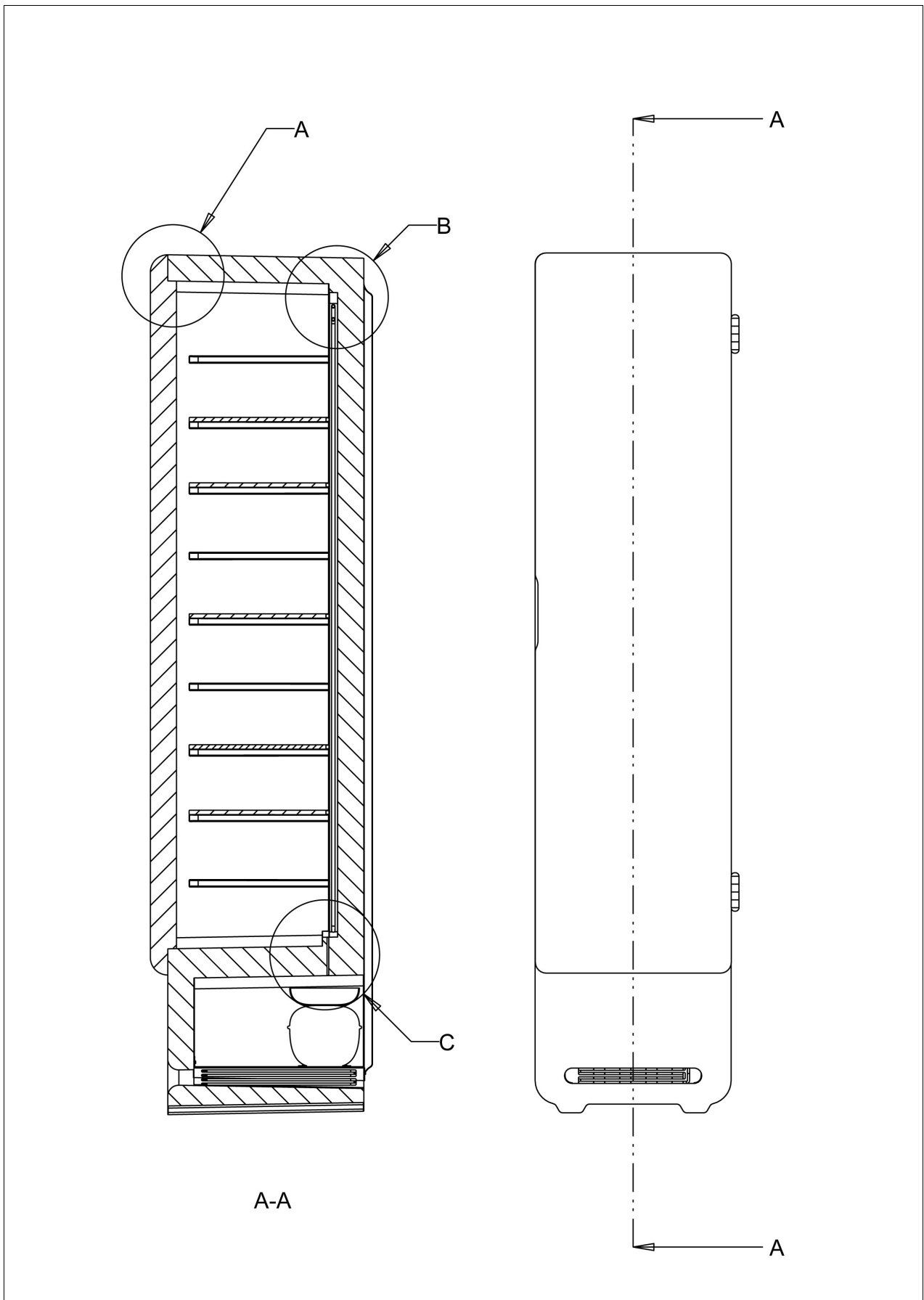


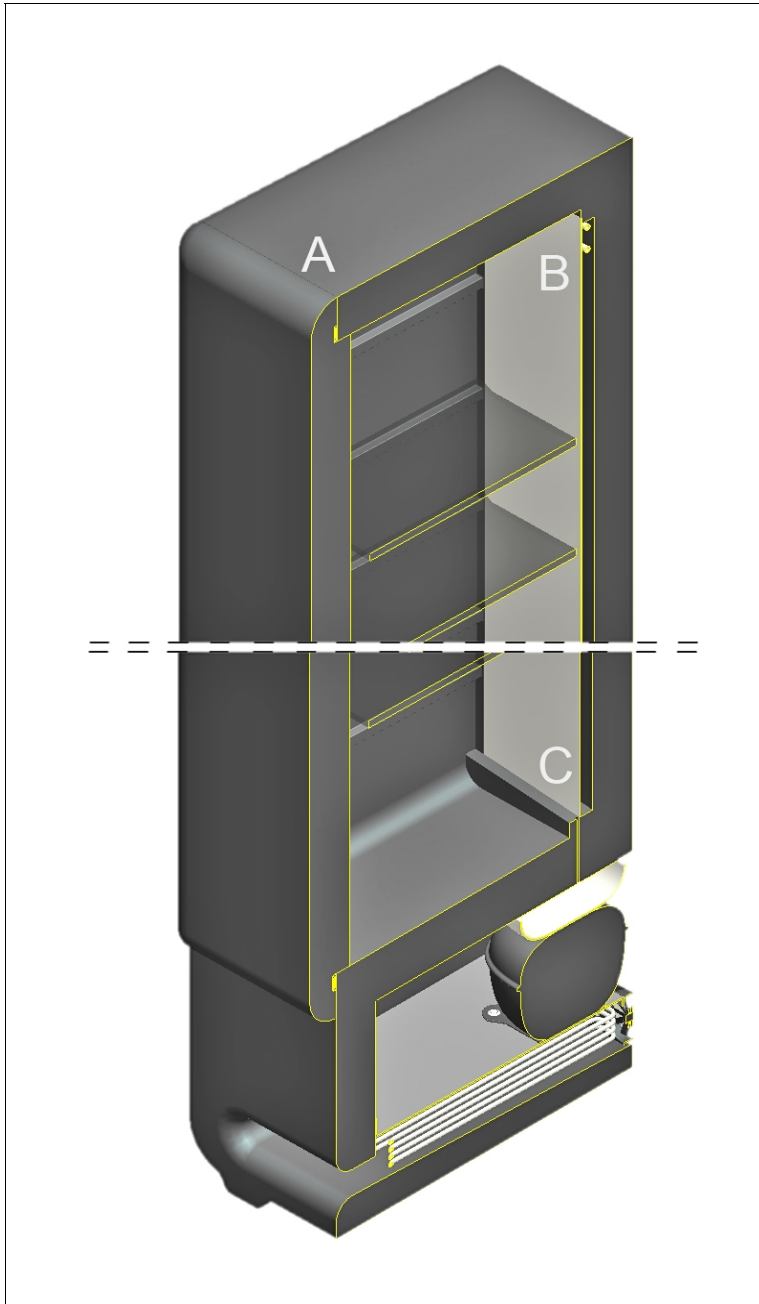
113

*Vaschetta portauova in polistirene - Scodella di vetro - Piatto per formaggi Alessi*



### 9.3 Scelte tecniche e funzionamento.





### Isolamento della porta.

L'isolamento della porta è garantito tramite una guarnizione tradizionale (Dettaglio A) e una cerniera con molla di ritorno che fa sì che venga sempre esercitata una pressione di chiusura.

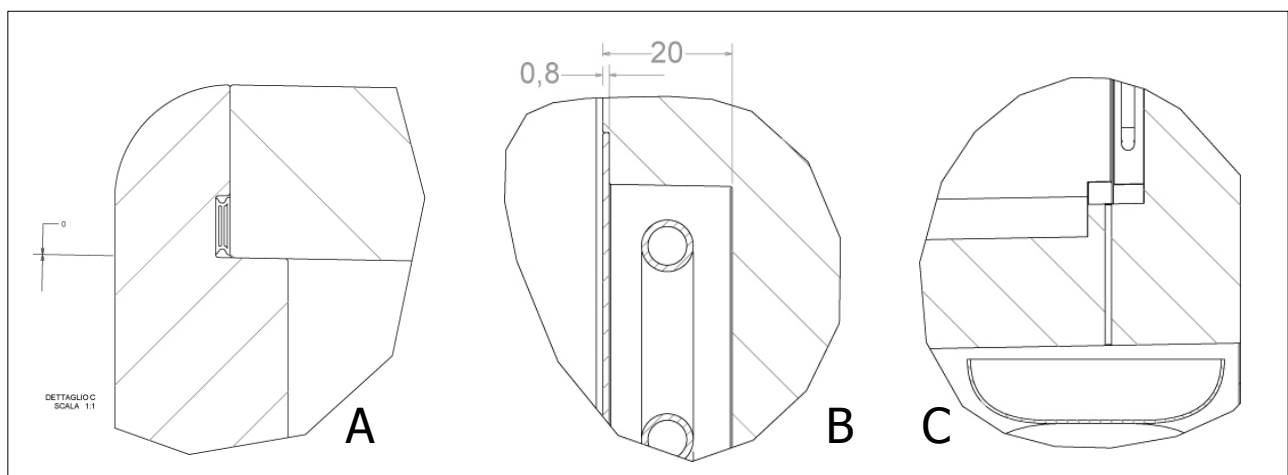
### Copertura evaporatore.

Un foglio in polipropilene compatto dello spessore di 0,8 mm è sufficientemente rigido da poter essere impiegato come copertura dell'evaporatore. Le caratteristiche chimiche ed estetiche sono altrettanto valide. (Dettaglio B).

### Scolo dell'acqua.

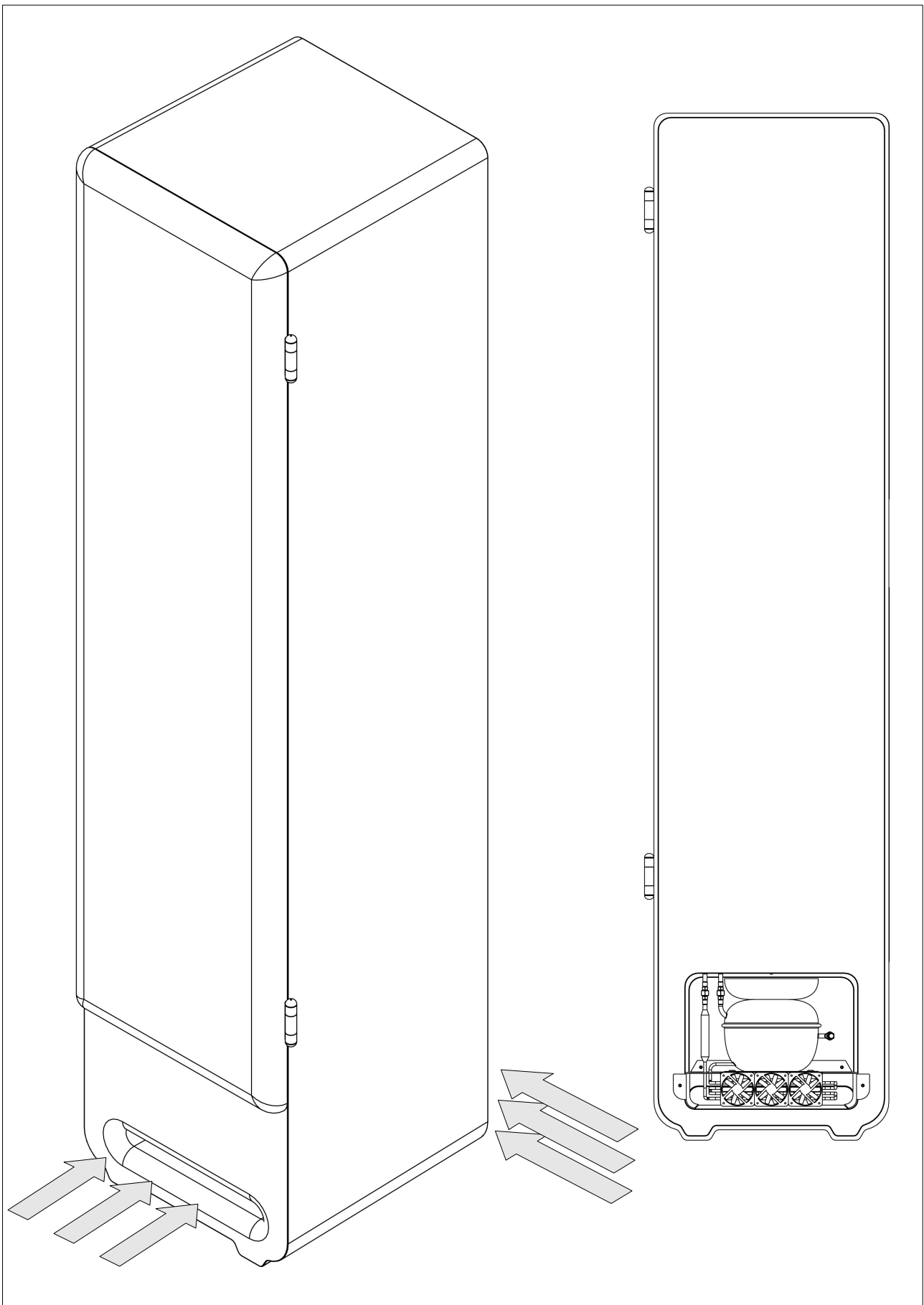
E' stato previsto un punto di raccoglimento della condensa e lo scolo all'interno di una vaschetta posizionata sopra al compressore. (Dettaglio C).

115

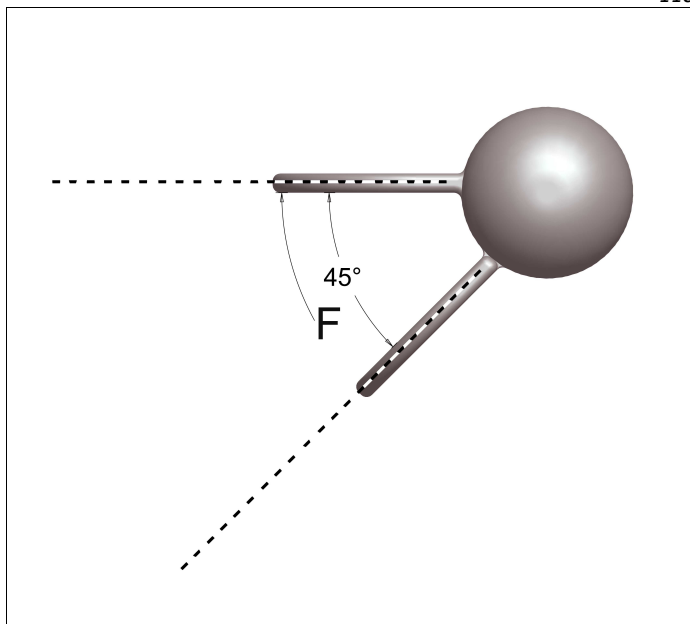


116

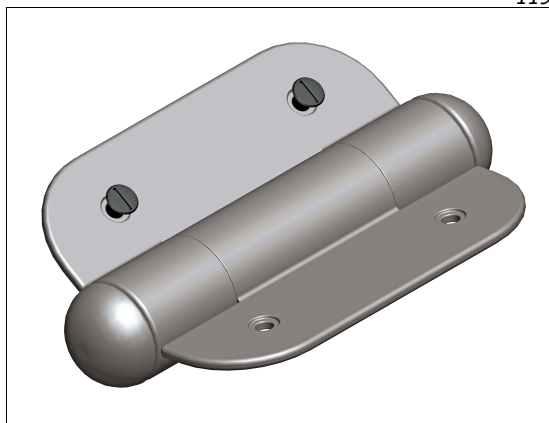
**Schema dello scambio termico.**



118



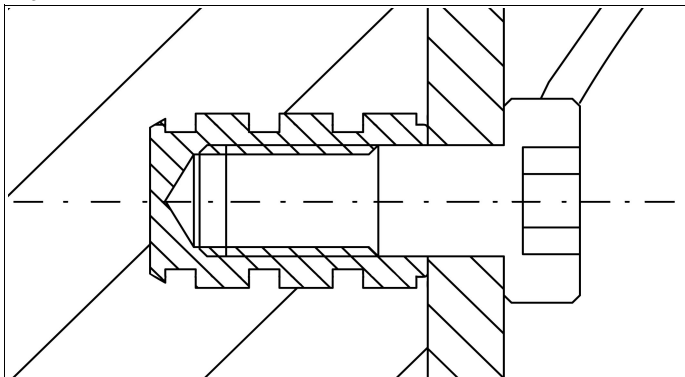
119



### Cerniere.

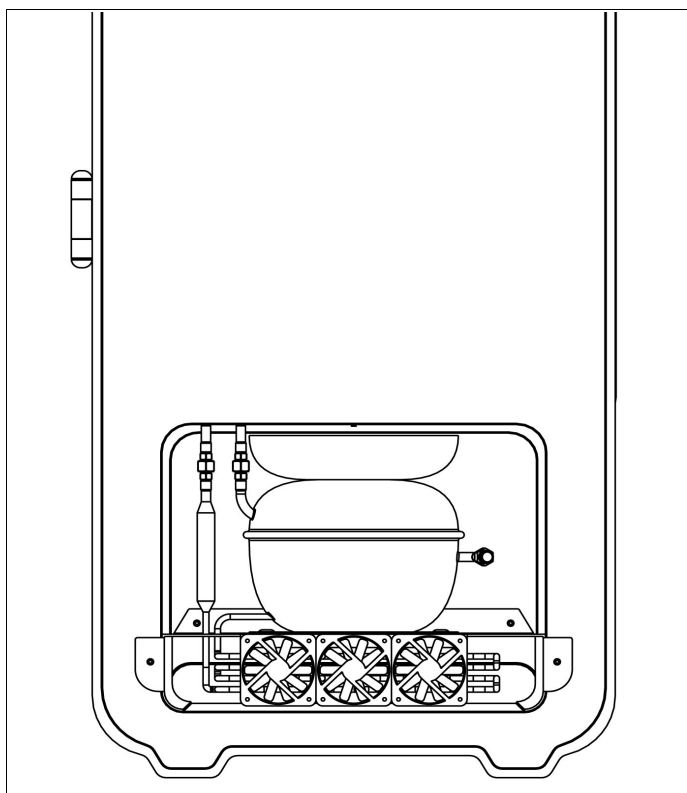
Le cerniere utilizzate sono in acciaio inox ed hanno al loro interno una molla di ritorno che scatta al di sotto dei 45° di apertura facendo chiudere automaticamente la porta ed esercitando una pressione che aumenta l'ermeticità della chiusura.

120



### Insero filettato.

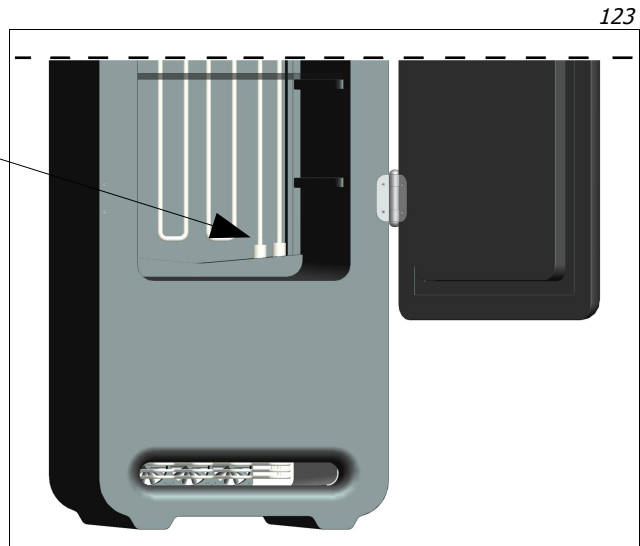
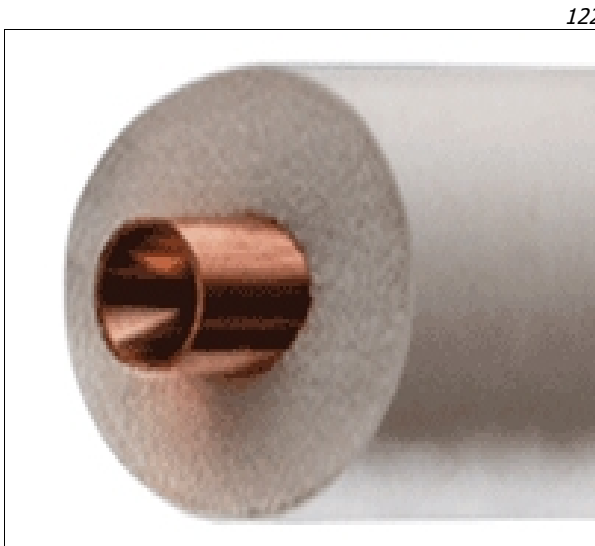
Il kit di refrigerazione montato su lamiera piegata e collegato al corpo principale mediante quattro viti con testa cava esagonale. Lo stampato in polipropilene espanso includerà quattro inserti per materie plastiche "FLO-TECH M3".



121

### Distribuzione del peso.

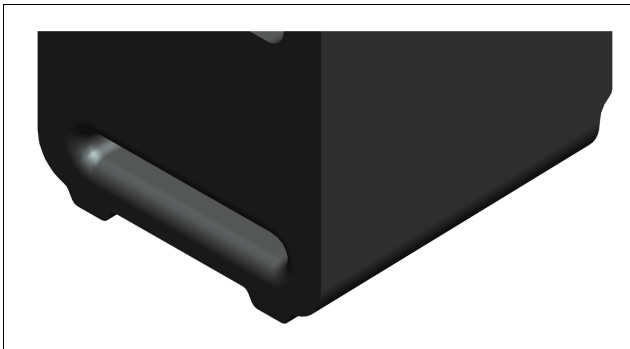
Il peso dello stampato è di circa 5 kg. Il kit di refrigerazione, assemblato nella parte inferiore, aumenta la stabilità a terra del frigorifero.



### Rivestimento evaporatore.

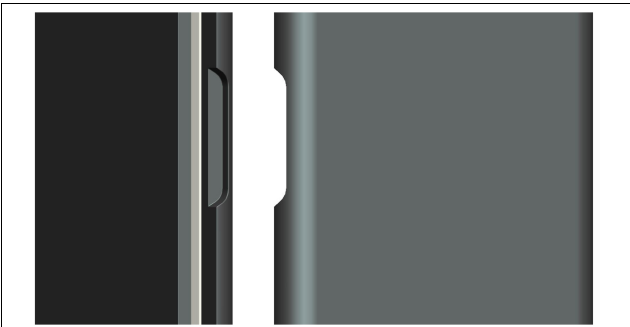
In prossimità dei fori predisposti per l'inserimento dell'evaporatore e il successivo incastro con il resto del circuito frigorifero l'evaporatore stesso avrà un breve tratto rivestito per prevenire la dispersione del freddo.

124

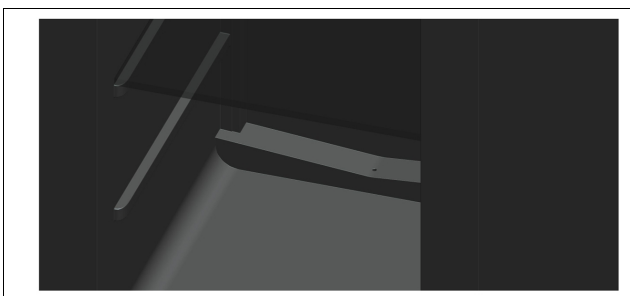


### Elementi ricavati dagli stampati.

Il principio di progettazione utilizzato è stato quello di includere negli stampati il maggior numero di elementi altrimenti separati e da assemblare in un secondo momento. Tra questi rientrano l'incavo-maniglia della porta, i piedini, il canale di scolo dell'acqua, la bocchetta frontale che favorisce lo scambio termico, i binari per i ripiani interni e altri accorgimenti formali che migliorano l'estetica complessiva.



125



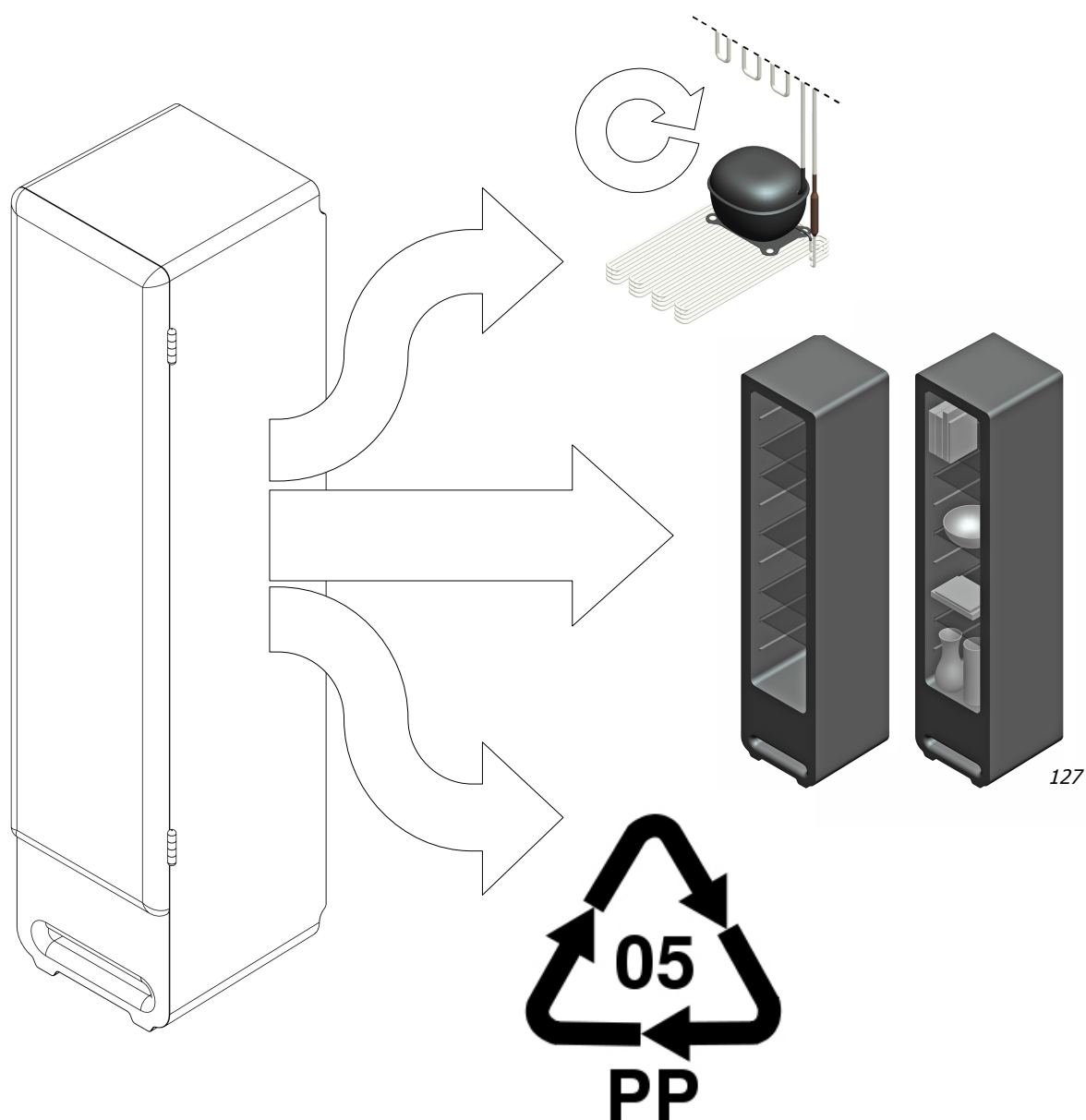
126

## 9.4 Riutilizzo e smaltimento.

Il frigorifero progettato garantisce una semplicissima manutenzione. Essendo facilmente assemblabile è altrettanto semplice sostituire parti non funzionanti o rovinate con pezzi di ricambio. L'intero circuito di refrigerazione può essere sostituito con uno nuovo. Il gas refrigerante può essere anch'esso sostituito in caso di nuove normative.

Il polipropilene espanso ha un'ottima durabilità, tuttavia in caso di abbassamento della capacità isolante, cosa possibile dopo molti anni di utilizzo, il corpo principale, vista l'estetica essenziale e le dimensioni adeguate può essere riutilizzato come un qualunque mobile.

Il polipropilene infine è un materiale riciclabile al 100% per cui, anche nel caso dello smaltimento avremmo sull'ambiente un impatto limitato.



## **10- Conclusioni.**

E' necessario a questo punto verificare in quale modo il processo progettuale e il progetto stesso hanno risposto all'ipotesi progettuale di partenza, ovvero alla domanda che chiedeva se fosse possibile riprogettare un elettrodomestico come il frigorifero, facendo innovazioni sensate e mantenendo ragionevolmente invariata la sua struttura tecnologica, attraverso un procedimento metodologico. Ho dimostrato attraverso i vari capitoli quali sono gli step di questo metodo e in che modo si può arrivare a produrre innovazione:

### **- La fase di ricerca**

A partire dalla fase di ricerca iniziale sugli oggetti esistenti e sullo stato dell'arte, ci si può subito fare un'idea del campo entro il quale si va a lavorare, dei prodotti concorrenti e delle possibilità che questi prodotti ci offrono. Grazie al benchmark, si ha un confronto diretto ed oggettivo che aiuta il designer a confrontare tra loro le varie caratteristiche formali, funzionali, meccaniche ed anche estetico-emozionali che vengono espresse dagli oggetti in analisi. Il confronto tra le diverse specifiche di prodotto fa intravedere obiettivi e possibilità progettuali che il progettista può sfruttare e reinventare.

### **- Il reverse engineering**

La fase di reverse engineering, ci porta a scoprire il prodotto più a fondo. L'investigazione ci dà un primo feedback come utenti ed osservatori diretti. Disassemblare e denudare il prodotto, aiuta ad entrare in confidenza con quelli che sono i meccanismi che regolano il funzionamento comprendere meglio i principi di funzionamento del prodotto ed a rilevare i parametri operativi aiutandoci a ragionare meglio sulle scelte progettuali. Grazie allo sviluppo di un modello progettuale, possiamo riprodurre le interazioni osservati nella fase precedente e capire ancora più a fondo come la totalità degli elementi in gioco interagisce.

### **- L'elaborazione di un'idea**

Le due fasi precedenti sono un requisito necessario alla produzione di una idea. Raccogliendo il maggior numero di informazioni sugli aspetti funzionali, formali e materici di tutti i componenti in gioco è possibile favorire la nascita di una rielaborazione di uno o più di essi e quindi di un'idea. Non è detto tuttavia che, arrivati a questo punto, essa nasca spontaneamente. In questo caso è necessario provare ad effettuare sul prodotto delle modifiche (formali, materiche, funzionali, ...) e vedere se da alcune di queste nascono opportunità interessanti per almeno uno degli ambiti di interesse del product design: ambito

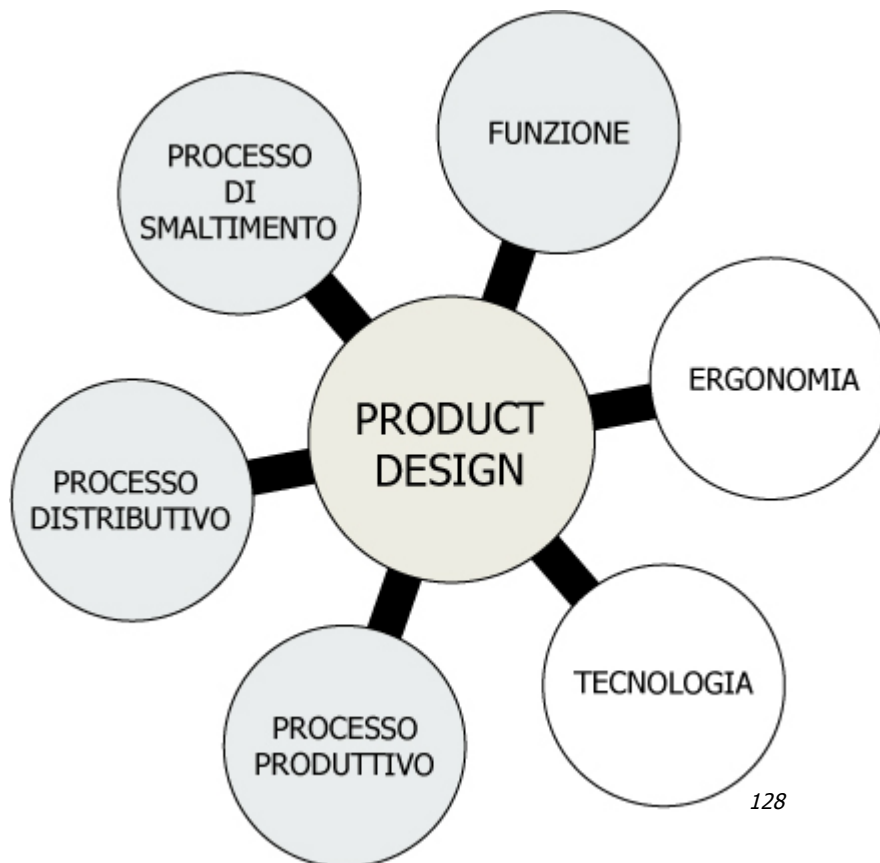
funzionale, ergonomico, tecnologico, produttivo, distributivo, di smaltimento, semiotico.

### - L'ingegnerizzazione

Quest'ultima fase si occupa di rendere producibile l'idea avuta e sviluppata attraverso il concept. Ovvero trovare dei processi e dei materiali che facciano al nostro caso. In questa fase design e ingegnerizzazione vanno di pari passo. Infatti alla luce di limiti e vantaggi ingegneristici può essere necessario ripensare alcuni componenti o, in generale, apportare qualche modifica al progetto, prima della definizione dei design esecutivo.

## 10.1- Il progetto "Freezestorage" e l'innovazione.

Il frigorifero "Freezestorage" può essere considerato un progetto innovativo proprio per il fatto che le modifiche apportate rispetto ad un frigorifero tradizionale coinvolgono direttamente alcune delle costanti del product design:

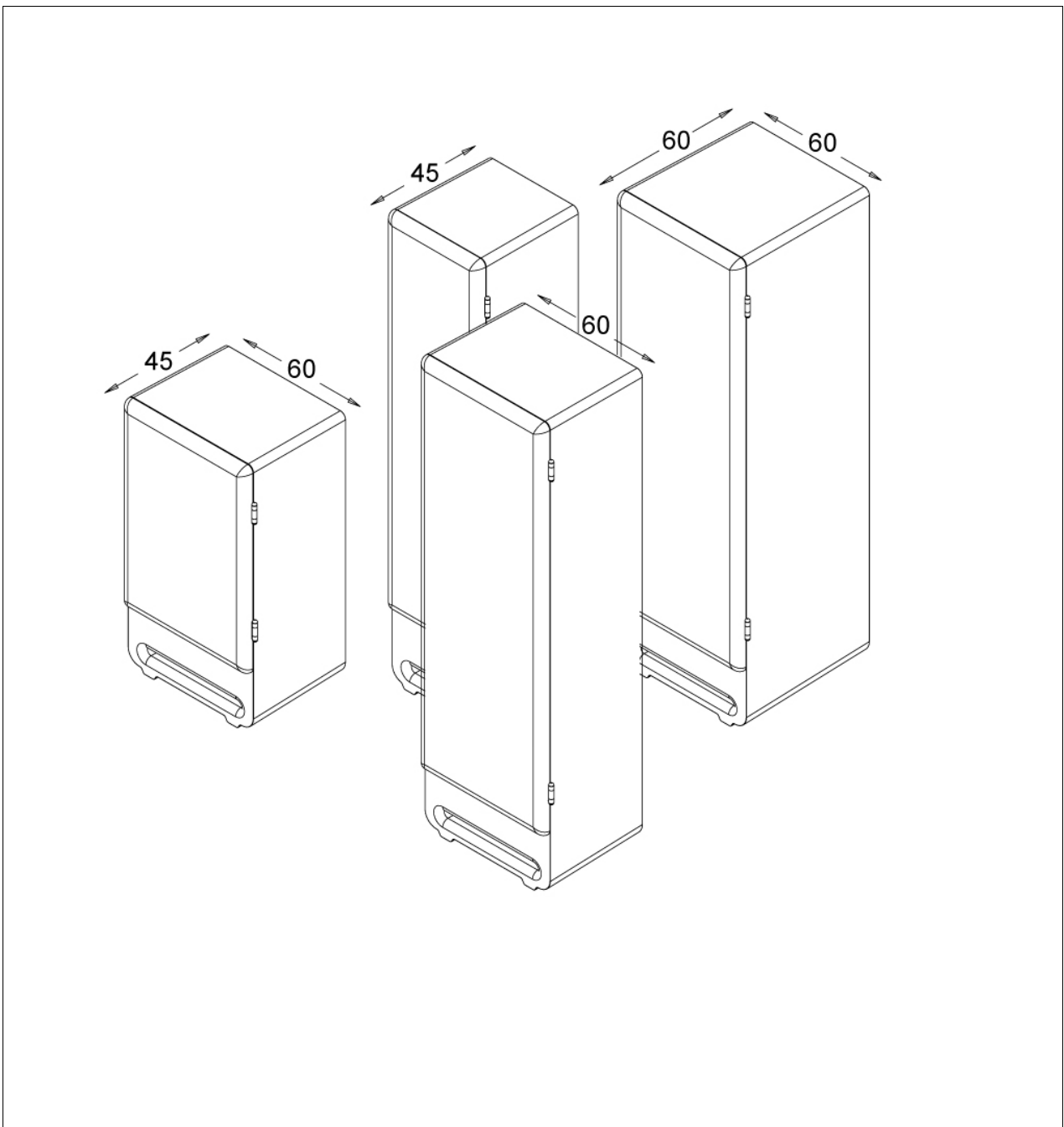


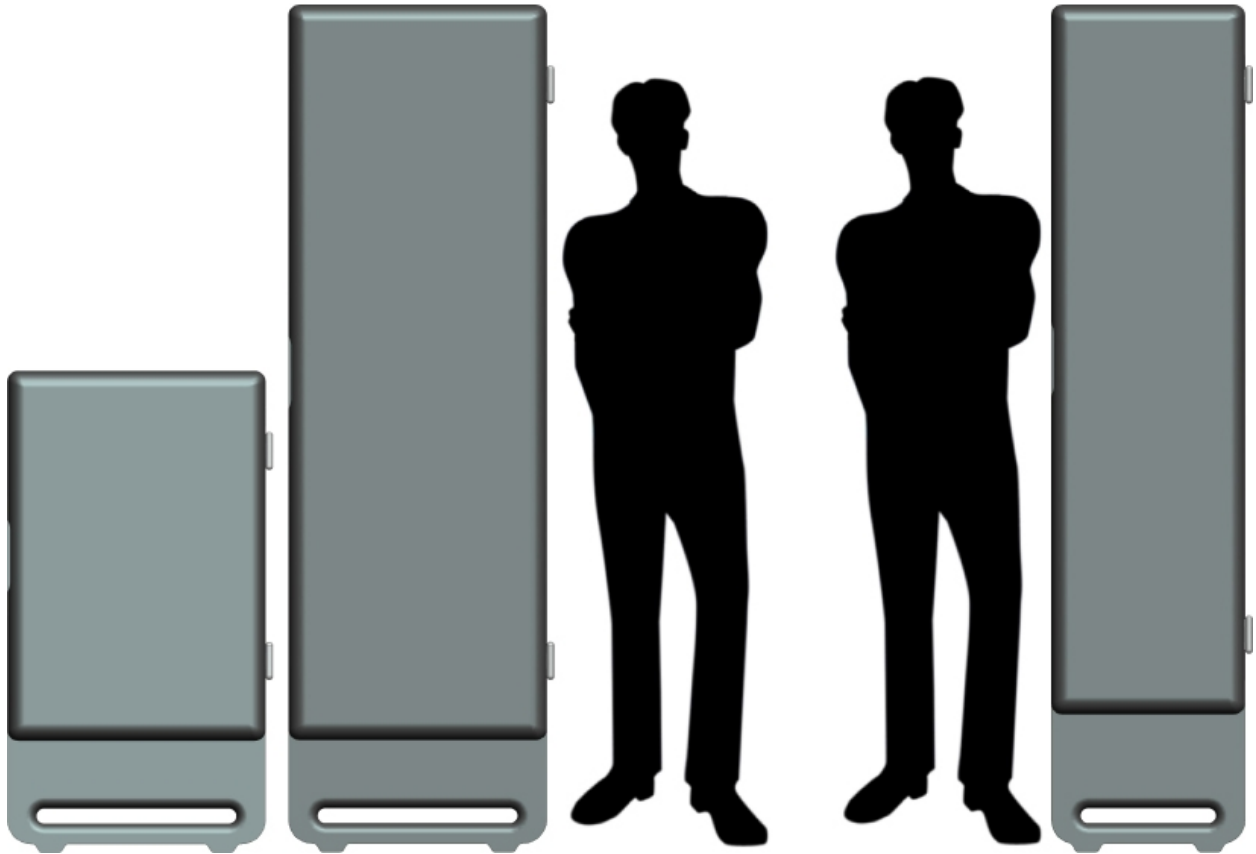
128

Le aree evidenziate sono quelle in cui il progetto risulta essere innovativo. Il cambio di materiale infatti coinvolge in maniera sostanziale il processo produttivo: un corpo ottenuto attraverso lo stampaggio di un unico pezzo infatti riduce il lavoro di manodopera e



assemblaggio di componenti separati, coinvolge nuove aziende e apre la strada a nuove possibilità formali. Il processo distributivo è coinvolto perché la leggerezza del materiale (circa sei chili per pezzo) riduce sensibilmente le emissioni di CO2 durante il trasporto. Il processo di smaltimento è forse quello maggiormente coinvolto, infatti non solo viene utilizzato un materiale riciclabile al 100%, ma viene estesa la vita del prodotto in due maniere. Da una parte si ha la possibilità di rigenerare il frigorifero acquistando un nuovo kit refrigerante, dall'altra si può utilizzare la struttura come un qualunque mobile a ripiani, sfruttando in questo modo la funzione secondaria del prodotto.



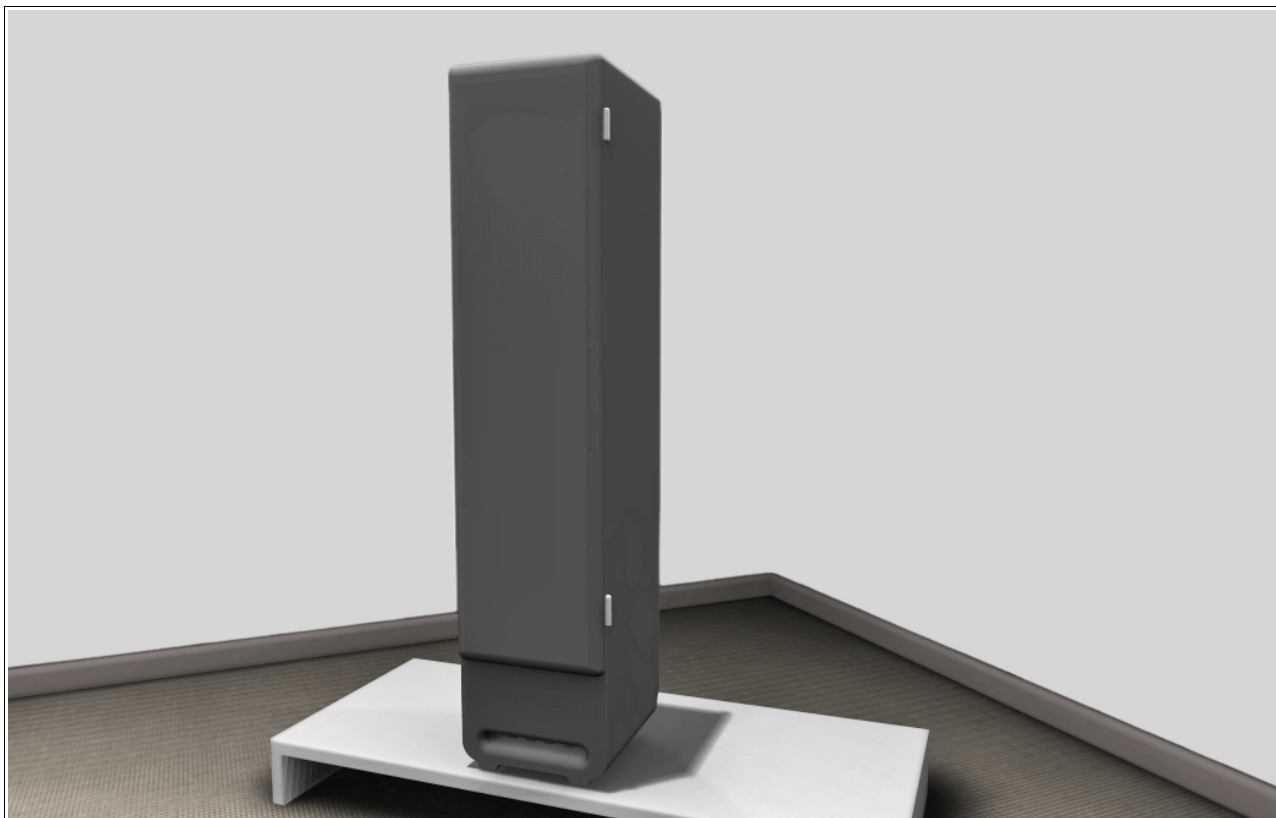


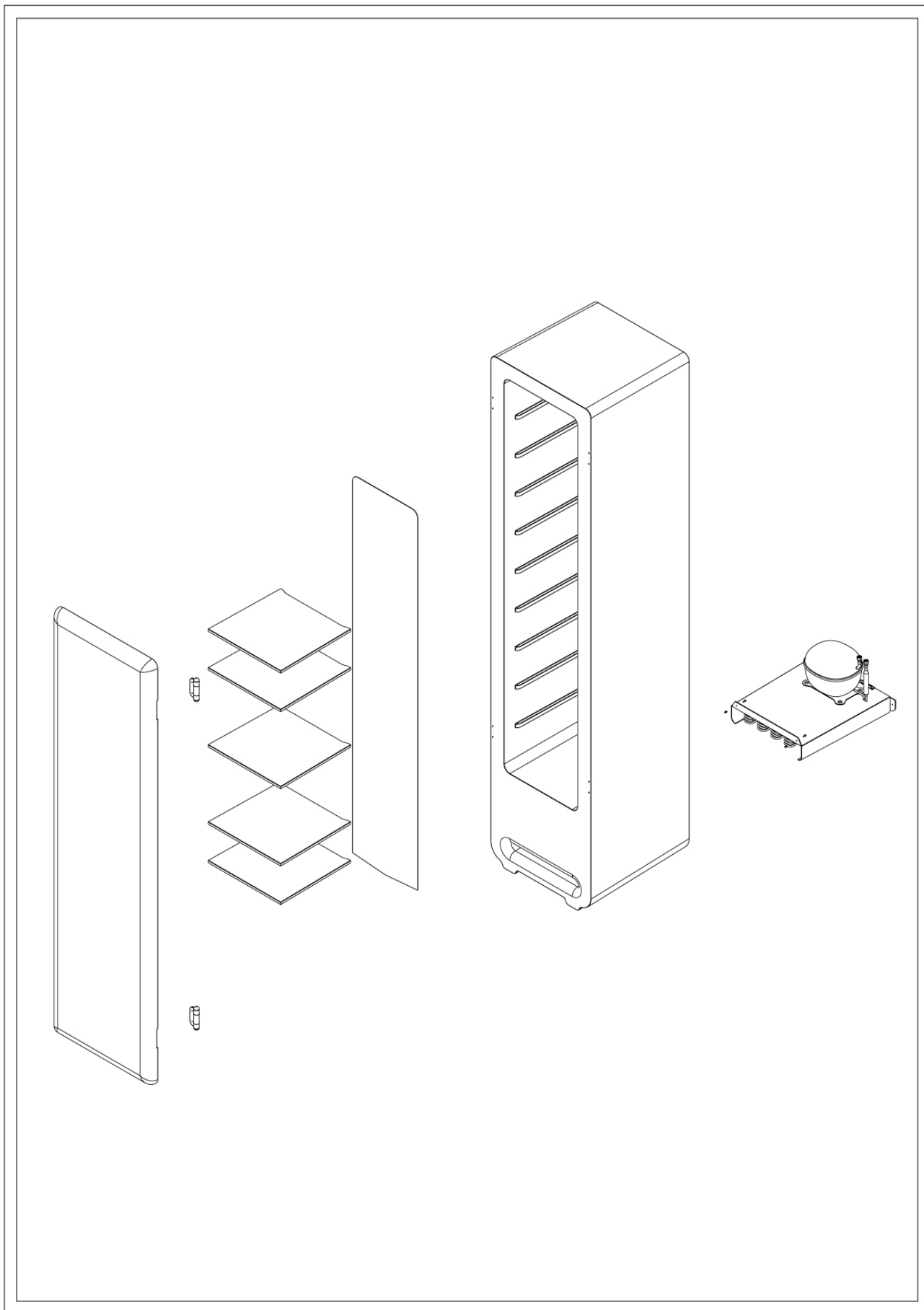
150 Litri

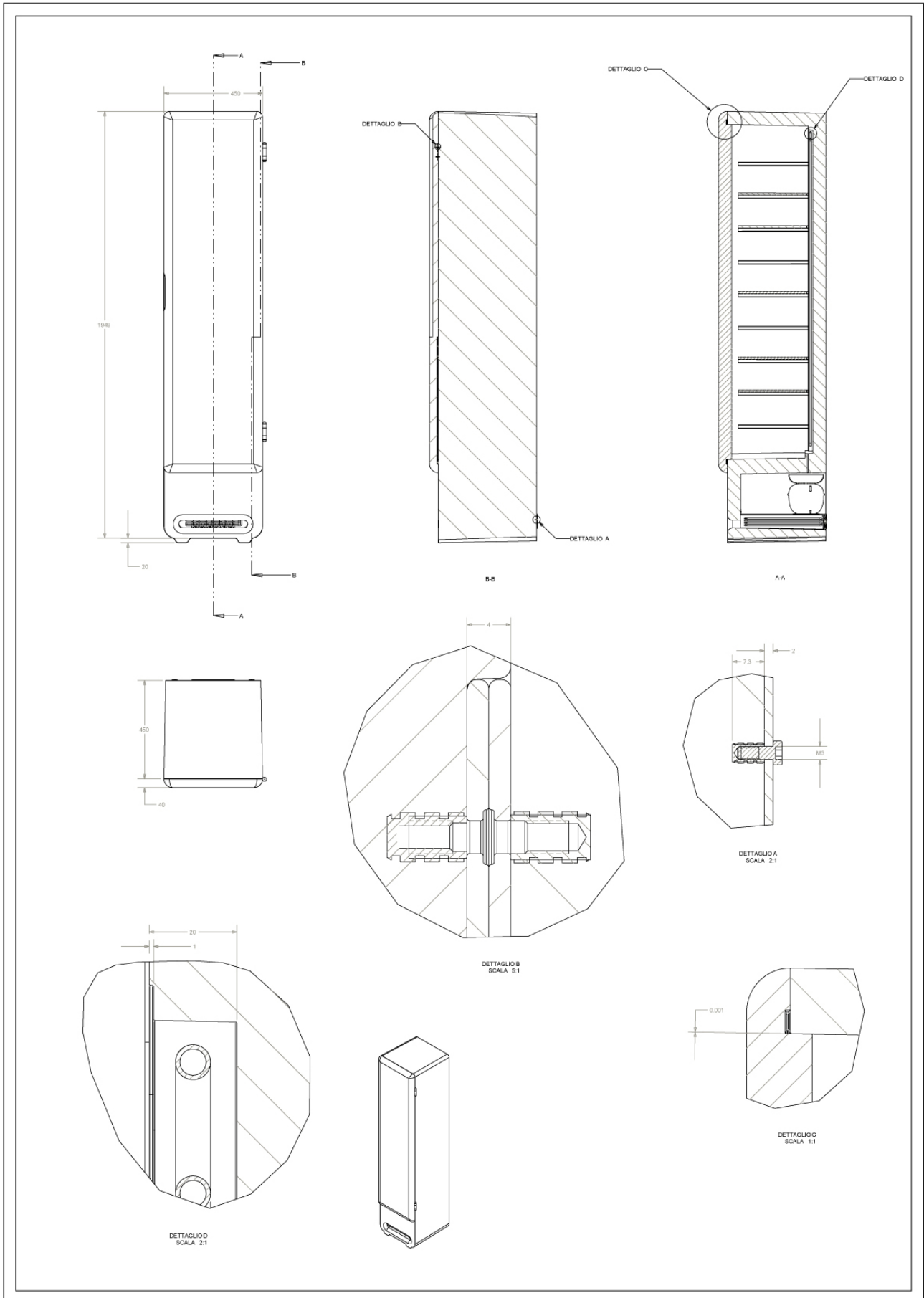
300/400 Litri

150 Litri

130







## Bibliografia.

- Albers J., *Interazione del colore*, Pratiche, Parma, 1991
- Arnheim R., *Arte e percezione visiva*, Feltrinelli, Milano
- Arnheim R., *il pensiero visivo*, Einaudi Paperbacks, Torino 1974
- Ashby M., Johnson K., *Materiali e design: l'arte e la scienza della selezione dei materiali per il progetto*, Cea, Milano 2010
- Baldassini L., *Vademecum per disegnatori e tecnici*, Hoepli, Milano 2000
- Barthes R., *L'impero dei segni*, Einaudi, Torino, 1970
- Bianchi R., Vercelloni M., *Design*, Milano, 2004
- Bralla J.G., *Design for manufacturing*, McGraw Hill, New York, 1999
- Brevi F., *Il design delle superfici*, Poli.Design, Milano, 2004
- Bucchetti V., *La messa in scena del prodotto*, Franco Angeli, Milano 2002
- De Bono E., *Il pensiero laterale*, Bur, Milano, 2005
- De Bono E., *Creatività e pensiero laterale*, Bur, Milano 2005
- Dorfles G., *Introduzione al disegno industriale*, Einaudi, Torino 1972
- Eco U., *Come si fa una tesi di laurea*, Bombiani, Milano 2005
- Edwards B., *Disegnare con la parte destra del cervello*, Longanesi, Milano 2002
- Edwards B., *L'arte del colore*, Longanesi, Milano 2006
- Edwards B., *Disegnare ascoltando l'artista che è in noi*, Longanesi, Milano 1987
- Fiorani E., *Leggere i materiali*, Lupetti, Milano 2000
- Fiorani E., *Il mondo degli oggetti*, Lupetti, Milano 2001
- Fiorani E., *La nuova condizione di vita*, Lupetti, Milano 2003
- Legrenzi P., *Creatività e innovazione*, Il Mulino, Bologna 2005
- Marcolli A., *Teoria del campo*, Sansoni, Firenze, 1998
- Marcolli A., *Teoria del campo 2*, Sansoni, Firenze, 1998
- Massironi M., *Fenomenologia della percezione visiva*, Il Mulino, Bologna, 1988
- Mencarelli S., *Manuale di fotografia*, Universale, Roma 2006
- Munari B., *Da cosa nasce cosa* - Laterza 1981
- Munari B., *Design e comunicazione visiva* - Laterza 1968
- Munari B., *Fantasia* - Laterza 1977
- Nelson G., *Problems of design*, Whitney Library of Design, New York, 1957
- Norman D.A., *La caffettiera del masochista*, Giunti, Firenze, 2005
- Raimondi M., *"Marketing del prodotto-servizio"*, Hoepli, Milano 2005
- Rossi S., *"I rivestimenti: la pelle del design"*, Alinea, Firenze 2008
- Tornquist J., *Luce e colore*, Ikon Editrice, Milano, 2001

Vezzoli C., Manzini E., *Design per la sostenibilità ambientale*, patrocinio Nazioni Unite (DESD), Zanichelli Editore, Bologna, 2007

Winnicott D.W., *Gioco e realtà*, Armando Editore, Roma, 2005

## **Siti Internet.**

<http://www.devi-spa.com/it/>

<http://www.indelwebastomarine.com/Prodotti/it/html/9904.html>

<http://www.vittoriovigano.com/mat/01.htm>

[http://www.ehow.com/how\\_4672359\\_make-refrigerator.html](http://www.ehow.com/how_4672359_make-refrigerator.html)

<http://www.cantierino.it/Aarticoli/frigo/aFrigo.html>

[http://www.tecnoitaliasrl.it/polipropilene\\_compatto/](http://www.tecnoitaliasrl.it/polipropilene_compatto/)

<http://it.wikipedia.org/wiki/Concept>

[http://it.wikipedia.org/wiki/Benchmark\\_\(economia\)](http://it.wikipedia.org/wiki/Benchmark_(economia))

<http://www.grupposds.it/polibox/crystal.htm>

<http://www.bertolivassoi.it/isotermico.html>

<http://www.arpro.com/applications/insulating.php>



## **Indice delle immagini.**

1. *Frigoriferi professionali Maranto*
2. *Frigoriferi professionali Arneg*
3. *Frigorifero 3 porte Hotpoint*
4. *Frigorifero side by side Hotpoint*
5. *Frigorifero combinato Hotpoint*
6. *Rappresentazione frigorifero incasso*
7. *Frigorifero da campeggio Campingaz*
8. *Frigorifero "cantinetta" Gorenje*
9. *Frigobar Severin*
10. *Schema compressione di vapore*
11. *Compressore Ecolux*
12. *Evaporatore Marcegaglia*
13. *Condensatore Marcegaglia*
14. *Unità refrigerante assemblata*
15. *Schema di funzionamento di un frigorifero ad assorbimento*
16. *Frigorifero combinato Indesit*
17. *Frigorifero doppia porta Indesit*
18. *Frigorifero monoporta Indesit*
19. *Frigorifero sottotavolo Indesit*
20. *Frigorifero side by side Indesit*
21. *Frigorifero a cassettoni Hotpoint*
22. *Frigorifero 3 porte Hotpoint*
23. *Illustrazione di frigorifero tradizionale*
24. *Frigorifero combinato Samsung*
25. *Frigorifero combinato Indesit*
26. *Frigorifero combinato Whirlpool*
27. *Frigorifero combinato Indesit*
28. *Frigorifero combinato Smeg*
29. *Frigorifero doppia porta Ignis*
30. *Frigorifero doppia porta Whirlpool*
31. *Frigorifero doppia porta Samsung*
32. *Frigorifero doppia porta Samsung*
33. *Frigorifero monoporta Whirlpool*
34. *Frigorifero monoporta Rex*

35. *Frigorifero monoporta Hotpoint*
36. *Frigorifero monoporta Smeg*
37. *Frigorifero monoporta Haier*
38. *Frigorifero a pozzo Haier*
39. *Illustrazione frigorifero*
40. *Illustrazione frigorifero*
41. *Fotografia dettagli frigorifero Indesit Silver 12F*
42. *Fotografia dettagli frigorifero Indesit Silver 12F*
43. *Fotografia dettagli frigorifero Indesit Silver 12F*
44. *Fotografia dettagli frigorifero Indesit Silver 12F*
45. *Fotografia dettagli frigorifero Indesit Silver 12F*
46. *Fotografia dettagli frigorifero Indesit Silver 12F*
47. *Fotografia dettagli frigorifero Indesit Silver 12F*
48. *Fotografia dettagli frigorifero Indesit Silver 12F*
49. *Fotografia dettagli frigorifero Indesit Silver 12F*
50. *Fotografia dettagli frigorifero Indesit Silver 12F*
51. *Fotografia dettagli frigorifero Indesit Silver 12F*
52. *Fotografia dettagli frigorifero Indesit Silver 12F*
53. *Fotografia dettagli frigorifero Indesit Silver 12F*
54. *Fotografia dettagli frigorifero Indesit Silver 12F*
55. *Fotografia dettagli frigorifero Indesit Silver 12F*
56. *Fotografia dettagli frigorifero Indesit Silver 12F*
57. *Illustrazione in sezione schematica di un frigorifero tipo*
58. *Illustrazione isometrica schematica incastro porte*
59. *Disegno tecnico del brevetto "Refrigerator controlling method"*
60. *Disegno tecnico del brevetto "Refrigerator with air guide duct"*
61. *Disegno tecnico del brevetto "Refrigerator with air guide duct"*
62. *Illustrazione in sezione di un frigorifero concept con dimensioni di massima*
63. *Illustrazione prospettica di un frigorifero concept con dimensioni di massima*
64. *Illustrazione in sezione 3D di un frigorifero tipo*
65. *Illustrazione in sezione 3D di un frigorifero concept*
66. *Screenshot di sito internet di fai-da-te*
67. *Screenshot di sito internet di vendita di componenti per frigoriferi*
68. *Illustrazione di frigorifero concept prospettica e in sezione*
69. *Illustrazioni dei momenti di assemblaggio del frigorifero concept*
70. *Illustrazioni dei momenti di assemblaggio del frigorifero concept*

71. *Illustrazioni dei momenti di assemblaggio del frigorifero concept*
72. *Illustrazione prospettica e frontale dell'aspetto del frigorifero concept*
73. *Disegno tecnico del corpo principale del frigorifero concept (corpo pieno)*
74. *Disegno tecnico del corpo principale del frigorifero concept (corpo cavo)*
75. *Disegno tecnico della porta del frigorifero concept*
76. *Manufatti in polistirene espanso prodotti da Devi s.r.l.*
77. *Manufatto in polipropilene espanso prodotto da Devi s.r.l.*
78. *Manufatto accoppiato in polistirene espanso e polipropilene prodotto da Devi s.r.l.*
79. *Illustrazione di nervature nelle regole di progettazione*
80. *Illustrazione di filettature nelle regole di progettazione*
81. *Contenitore isotermico "Porter GN" prodotto da Bertoli s.a.s.*
82. *Contenitore isotermico "Porter GN" (dettagli) prodotto da Bertoli s.a.s.*
83. *Manufatto "tipo" realizzato tramite stampaggio rotazionale*
84. *"Kruikantoor", ufficio componibile in EPS rivestito in poliurea*
85. *Rappresentazione fattori di costo*
86. *Render 3D del corpo principale del frigorifero concept*
87. *Render 3D della porta del frigorifero concept*
88. *"Freezestorage", render 3D*
89. *Texture del materiale "Arpro" (EPP), prodotto da JSP*
90. *"Freezestorage", render 3D*
91. *Contenitore isotermico linea Crystal (EPP), con interno cristallizzato, prodotto da SDS Polibox*
92. *Contenitore isotermico linea Crystal (EPP), con interno cristallizzato, prodotto da SDS Polibox*
- 93 - 110. *"Freezestorage", render 3D*
111. *Vaschetta portauova in polistirene*
112. *Scodella di vetro*
113. *Piatto per formaggi Alessi*
114. *"Freezestorage", disegno tecnico*
115. *"Freezestorage", sezione 3D*
116. *"Freezestorage", dettagli tecnici*
117. *"Freezestorage", disegno tecnico*
118. *Cerniera per porta con molla di ritorno*
119. *Cerniera per porta con molla di ritorno*
120. *"Freezestorage", dettaglio tecnico per inserto filettato*
121. *"Freezestorage", disegno tecnico*
122. *Fotografia di evaporatore rivestito*
123. *"Freezestorage", render 3D*

*124 - 126. "Freezetorage", render 3D (dettagli)*

*127. Illustrazione dei possibili riutilizzi di "Freezetorage"*

*128. Illustrazione delle componenti del product design*

*129. "Freezetorage", rappresentazione isometrica delle diverse soluzioni dimensionali*

*130. "Freezetorage", render frontali delle diverse soluzioni dimensionali*

*131 - 132. "Freezetorage", render 3D*

## **Indice delle tabelle.**

- t\_1. Tabella metriche/modelli frigoriferi*
- t\_2. Tabella requisiti funzionali/modelli frigoriferi*
- t\_3. Tabella accettabilità dei requisiti complessivi del frigorifero*
- t\_4. Tabella proprietà complessive di un materiale tipo*
- t\_5. Tabella materiali/proprietà selezionate (valore)*
- t\_6. Tabella materiali/proprietà selezionate (punteggio)*
- t\_7. Tabella dei regimi produttivi*
- t\_8. Tabella dei fattori del costo di produzione*

## **Indice dei grafici.**

- g\_1. Grafico che mostra il processo progettuale comprensivo di benchmark*
- g\_2. Grafico modello frigorifero/prezzo*
- g\_3. Grafico modello frigorifero/volume*
- g\_4. Grafico funzioni frigorifero/prezzo*
- g\_5. Grafico radar delle proprietà materiche dei materiali selezionati*
- g\_6. Grafico radar delle proprietà materiche dei materiali selezionati*
- g\_7. Grafico costo unitario/volume di produzione (corpo principale del frigorifero progettato)*
- g\_8. Grafico costo unitario/volume di produzione (porta del frigorifero progettato)*

## **Indice delle tavole.**

- tav\_1. "Freezestorage", esploso*
- tav\_2. "Freezestorage", assieme generale*