

INDICE

- **Premessa**
- **Design e stato dell'arte**
 - Introduzione
 - Industrial design: trends e innovazione
 - Le tendenze dell'arredamento
 - Il frigorifero
- **Sostenibilità Ambientale**
 - La situazione
 - Il freddo inquina? Analisi e consumi
- **La tecnologia**
 - Stato attuale della refrigerazione
 - Il futuro del frigorifero
- **La Refrigerazione Magnetica**
 - Storia e sviluppo
 - Il funzionamento
 - Comparazione delle tecnologie
 - Materiali magnetocalorici
 - Casi studio e proiezioni di mercato
 - Progettazione della tecnologia magnetocalorica
- **Il Progetto**
 - Idea iniziale e Concept
 - Requisiti finali di progetto
 - Nome e logo
 - Analisi utenza
 - Design dell'oggetto
 - Applicazione e Funzionamento
 - Specifiche tecniche
 - Studio di Materiali e Produzione
 - Analisi dei costi
 - Conclusione e possibili sviluppi

PREMESSA

La presente tesi si sviluppa parallelamente al percorso effettuato durante il Laboratorio di Sintesi Finale al Politecnico di Milano nell'ultimo anno dei corsi magistrali in Integrated Product Design, in cui veniva richiesto di sviluppare una vetrina refrigerata verticale che stravolga l'uniformità di mercato puntando ad ottenere una vera e propria "breakthrough innovation" del prodotto, nel design dell'oggetto o nelle sue principali caratteristiche di utilizzo.

Sfruttando come base di partenza le ricerche svolte, ho deciso di concentrarmi su un altro tipo di utente finale per il quale destinare il frigorifero, passando da B2B (business to business) a B2C (business to customer), progettando un nuovo tipo di refrigeratore domestico.

La prima fase comincia dunque da una analisi generale dei mega-trends a livello globale partendo da due domande:

Quale direzione stanno prendendo industria e mercato? Come risponde la società ai continui cambiamenti del mondo moderno? Possiamo dire che i trend del prossimo futuro non saranno ciclopici ma declinazioni più attente di ciò che è già in itinere: da un lato salute e benessere che portano con sé il desiderio di autenticità, trasparenza e impegno sociale; dall'altro la spinta tech che oggi rende possibile ciò che sembrava fantascientifico fino a qualche anno fa.

Le strategie appropriate per il successo futuro includeranno una maggiore cooperazione nell'area internazionale, promuovendo il cambiamento comportamentale dei cittadini e una maggiore attenzione alle misure proattive per mitigare i peggiori impatti ambientali. I governi saranno caratterizzati da un cambiamento verso il diventare più integrati, orientati verso l'esterno e fare un uso migliore e maggiore della tecnologia.

Più lo scenario è difficile da interpretare, più è importante cercare di tratteggiarne gli elementi caratterizzanti. È necessario dunque individuarne almeno le principali caratteristiche.

Si sta passando, come è stato indicato con acuta osservazione da Giampaolo Fabris, da un mercato di massa a una massa di mercati: una determinante importante di quest'evoluzione è stato l'innalzamento, in molti Paesi, del livello culturale medio che implica una maggiore consapevolezza generale della popolazione in diversi campi sociali. È inoltre più propensa a spendere di più nei propri acquisti.

L'aumento delle economie emergenti coinciderà con un aumento del centro urbano che stabilirà la propria serie di richieste dei consumatori, richiedendo ulteriore innovazione dei prodotti e servizi.

Come conseguenza saranno necessarie nuove strategie da parte delle aziende per adattarsi al cambiamento. Man mano che le industrie tradizionali crescono e maturano, le loro tecnologie di base diventano spesso merci e quindi le loro competenze di differenziazione provengono sempre più dai loro componenti di servizio, spostando il paradigma dell'innovazione, dall'innovazione di prodotto all'innovazione di servizio. Parallelamente, la grande mole di innovazioni tecnologiche crea continuamente nuovi mercati e rischi per aziende e paesi non in grado di seguire la velocità dei cambiamenti.

Il termine "modello di business dirompente" è esattamente usato per descrivere questi nuovi mercati creati da nuove innovazioni tecnologiche o da vecchie tecnologie che vengono utilizzate in modi nuovi. La sharing economy è il risultato dei rapidi progressi tecnologici, della crescente urbanizzazione, dei cambiamenti demografici e dell'ascesa dei millennial.

C'è un'evoluzione del consumatore finale: non è più alla ricerca del ben-avere (dove prevalevano i volumi e il consumismo) ma del ben-essere (prodotti/servizi spesso legati a una qualità alta e con contenuto culturale). La salute assume via via il significato di prevenzione, la ricerca del benessere diventa a 360 gradi e sempre più attenzione sarà data alla salute mentale.

Le previsioni ruotano attorno a tre temi confermatasi strategicamente recentemente: la centralità delle persone nei processi digitali; l'indipendenza dal luogo in cui dipendenti, fornitori, clienti interagiscono; la capacità di risposta agile e di adattamento delle aziende sia che si tratti di pandemia, recessione, o altro. Si parla di utente nella sua totalità, che sia consumatore o lavoratore, e delle sue aspettative, che siano esse legate ad una proposta sempre più qualitativa o siano legate al desiderio di autonomia, semplicità e praticità. Le produzioni a basso impatto ambientale dovranno necessariamente rappresentare il futuro del pianeta, se vogliamo porre rimedio al galoppante cambiamento climatico in atto. Dunque anche i consumatori, sempre più consapevoli dello spreco di risorse destinate ad alimentare l'industria alimentare, saranno ostinati nel ricercare prodotti sostenibili, oltre che salutari, pur a un prezzo accessibile. E così a farsi strada sarà la ricerca di soluzioni innovative proposte dal design in tal senso.

Allo stesso tempo la ricerca dello "stare bene", di un'etica di sostenibilità e di una consapevolezza personale racchiudono il pensiero condiviso della cultura moderna. È stato riscontrato infatti un risvolto del repentino cambiamento e diversificazione degli stili di vita che sta portando ad una crescente richiesta di prodotti in mono-porzione o comunque più contenuti.

ABSTRACT

“E-flux” è un frigo di dimensioni sostenute che vuole distinguersi dall’idea e dalla percezione comune che si ha dei frigoriferi tradizionali. L’obiettivo del progetto è quello di definire una identità chiara al prodotto di riferimento, che si distacchi dall’uniformità del mercato attuale, affrontare le problematiche ambientali che caratterizzano l’utilizzo delle macchine refrigeranti e fornire una nuova e differente esperienza attorno al prodotto di riferimento. Infine, la caratteristica principe, di E-Flux è quella dell’adattamento pratico in tutti gli ambienti della casa, risolvendo le inevitabili problematiche e criticità dei competitor di questo settore.

Durante le fasi di analisi e ricerca, sono stati individuati i trend principali nei quali la società odierna si sta dirigendo, soprattutto in campo politico-sociale, tecnologico, del mercato e del design.

Inoltre è stata effettuata una attenta analisi del prodotto “frigorifero”, per capire come viene percepito, quali sono le sue funzioni, identificare punti di forza e punti di debolezza sui quali progettare e sviluppare il concept. Durante la fase di sviluppo sono stati presi in considerazione alcuni degli oggetti e architetture di design più iconici della storia, che hanno rivoluzionato intere epoche diventando effettivamente il trampolino di lancio che ha permesso all’industria del design di evolversi fino allo stile contemporaneo.

L’elemento che li accomuna è indubbiamente la voglia di osare dei designer, che hanno saputo mettere in discussione gli standard dell’epoca trovando soluzioni alternative originali. Sulla base di queste ricerche sono state definite le linee guida da seguire per dare finalmente concretezza al progetto.

E-flux si sviluppa attorno all’uso della innovativa **tecnologia eco-compatibile per la produzione del freddo** ancora poco conosciuta ma dalle notevoli potenzialità: oltre a dare un grosso contributo all’ambiente, questo processo è il 30% più efficiente di quello a cicli di compressione dei gas.

Ci sono però alcuni ostacoli all’uso standardizzato della refrigerazione magnetica. Fronteggiare queste difficoltà tecniche, per rendere concreto e fattibile il progetto è un’altra sfida che ho preso in esame e che viene affrontata in questa tesi.

DESIGN E STATO DELL'ARTE

INTRODUZIONE

Il design si afferma a partire dagli anni Cinquanta come ambito disciplinare centrale nella cultura del progetto dell'ambiente costruito moderno e si inserisce profondamente nei processi di trasformazione del gusto, dei comportamenti e dei consumi delle società contemporanee, alle quali fornisce forme, simboli, e icone, più o meno durature nel tempo, ricevendone in cambio i segni e i significati dei mutamenti culturali ed economici in atto. Dal punto di vista professionale, se si eccettuano le figure di progettisti indipendenti che possono vantare l'autorevolezza di una griffe, i designer sono andati assumendo sempre più negli ultimi decenni il ruolo di tecnici dell'innovazione creativa, interni alle aziende. Come tale il designer fondamentale è addetto a migliorare la competitività del prodotto industriale e quindi a fornire la componente estetica e comunicazionale all'interno delle strategie di marketing fissate dal management industriale. Permane pertanto nella fenomenologia del design contemporaneo, la separazione di due categorie di prodotti: la prima costituita da produzioni riservate di fatto a un'élite economica e/o intellettuale che sancisce il valore permanente di alcune icone esemplari della modernità, si pensi ai mobili moderni detti "dei maestri" o a certi modelli di automobile "storici"; la seconda formata dall'universo effimero dei prodotti, anche di eccellente qualità costruttiva e formale che rispondono alle domande in veloce mutamento del consumo di massa. Arredamento, elettrodomestici, computer, smartphones, macchine, abiti, accessori e tutti i prodotti creati in serie possono essere materia di lavoro di un product designer. Ciò che caratterizza questo ruolo è la creatività e la ricerca costante di innovazione, che si ottiene studiando il mercato e le sue esigenze. L'input del product designer è necessario fin dalle prime fasi in cui si sceglie il target, nella progettazione dei modellini, fino alla commercializzazione.

Nel corso degli anni il design ha preso sempre più piede anche in settori che non avevano mai sentito il bisogno di curare l'aspetto estetico dei propri prodotti, perché estremamente tecnici o di nicchia e quindi dedicati ad un'utenza professionale che (apparentemente) non si curava dell'estetica, ma ricercava solo prodotti affidabili e funzionali. Tutto è cambiato con la comparsa di internet e la conseguente globalizzazione dei mercati che hanno reso spietata la concorrenza in ogni settore dell'industria, facendo comprendere ben presto alle aziende che, a parità di prezzo e qualità, ciò che diversificava il loro prodotto dalla concorrenza era il design.



Si è capito che un design ben fatto (estetica + funzionalità), influenzava in maniera decisiva la scelta del consumatore e allo stesso tempo veicolava la percezione di qualità di un prodotto e di un'azienda, rendendo il marchio riconoscibile sul mercato. Il design viene utilizzato per comunicare e sedurre.

In qualità di product designers, siamo sempre alla ricerca di ispirazione. Chi vive in una città di grande fermento culturale potrà trovare il giusto spunto per le proprie idee frequentando mostre, musei o eventi. Ma non tutti dispongono di tali risorse quotidianamente e a portata di mano. Sicuramente il web offre a chiunque il vantaggio di raggiungere luoghi ed eventi creativi in pochissimi secondi ed è spesso usato come laboratorio di ricerca e sviluppo nelle prime fasi di progettazione.

Molti designers, prima di iniziare un lavoro, salvano una raccolta di immagini che li hanno ispirati particolarmente durante la loro navigazione in rete.

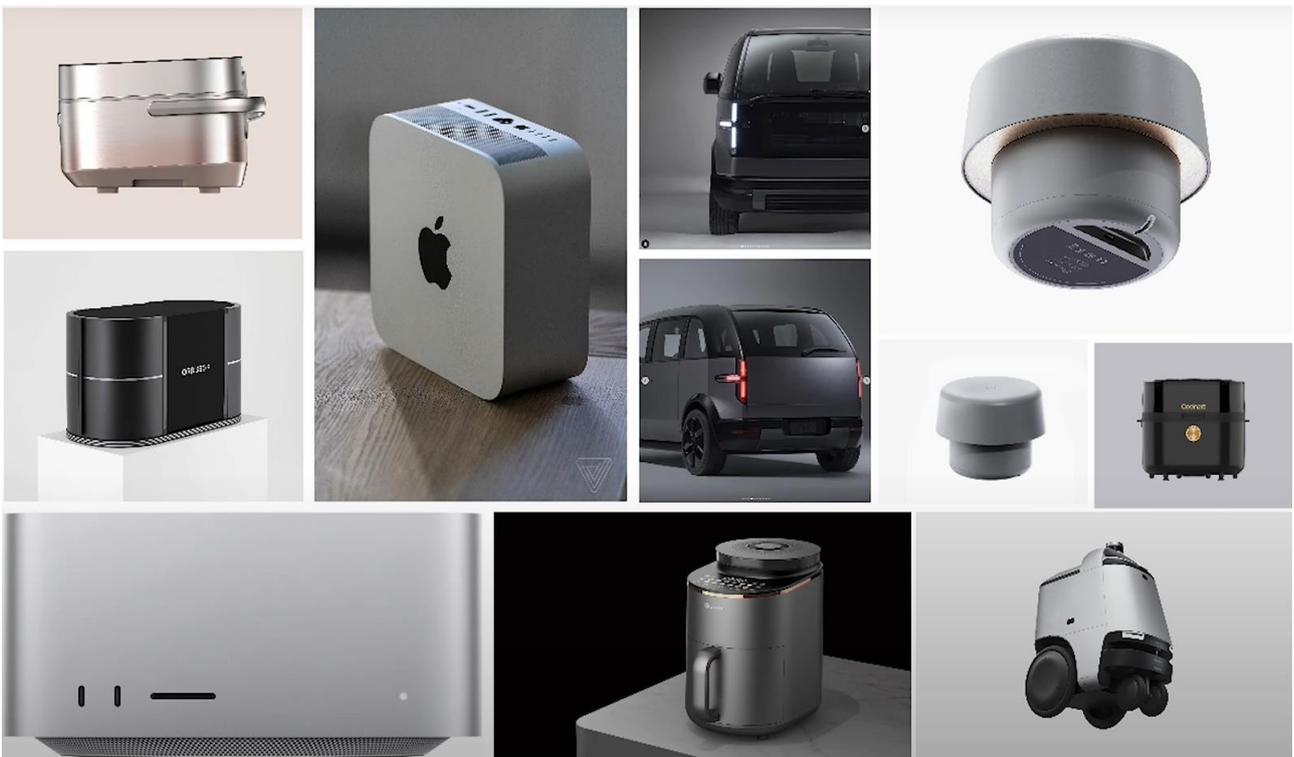
Questo è anzi un lavoro costante di immagazzinamento di idee che è poi la base per far scattare la scintilla creativa nel momento del bisogno. Gli umani sono in grado di sviluppare e utilizzare i materiali coerentemente con l'ambiente in cui operano. Si potrebbe dire che esista una sorta di design istintuale, che non nasce di per sé organizzato, ma include una rudimentale metodologia di ricerca, che estrapola possibili soluzioni da ciò che è già noto, allo stesso tempo cercando di conservare memoria dei risultati ottenuti, consentendo così il progredire della conoscenza. Con la rivoluzione industriale e la nascita ufficiale del disegno industriale, questa preesistente sperimentazione ha sempre più assunto il carattere organizzato e di efficienza della ricerca scientifica, chiudendo e limitando l'invenzione materica nei

laboratori lontano dai designer/inventori. Oggi molti designer testimoniano la necessità di avere un controllo più ampio sulla sperimentazione e l'invenzione dei materiali usando un approccio transdisciplinare. Una migliore comprensione dello sviluppo del materiale consente di utilizzarlo in modo mirato, modificandolo secondo caratteristiche estetiche, funzionali o espressive più precise.

Naoto Fukasawa, uno degli industrial designer più influenti nel contesto del design, sostiene che oggi i fattori da includere nell'attività della progettazione sono sempre più numerosi e complessi: "[...] Ecco perché sia in ambito architettonico sia in quello del design, la formazione ha un ruolo importante. Fino a non molto tempo fa, la disciplina del design veniva suddivisa in differenti categorie: c'era il design di prodotto, quello grafico, il progetto d'architettura, l'architettura degli interni, e così via. Ora non è più così, nel progetto non ha più senso procedere per compartimenti stagni separati, come del resto avviene nella vita, che è un tutt'uno. Sul piano pratico, questo vuol dire progettare il prodotto, la grafica e anche il sito web: significa lavorare a un progetto integrato. Naturalmente, anche la tecnologia gioca la sua parte nel risolvere i problemi del progetto."

INDUSTRIAL DESIGN: TRENDS & INNOVAZIONE

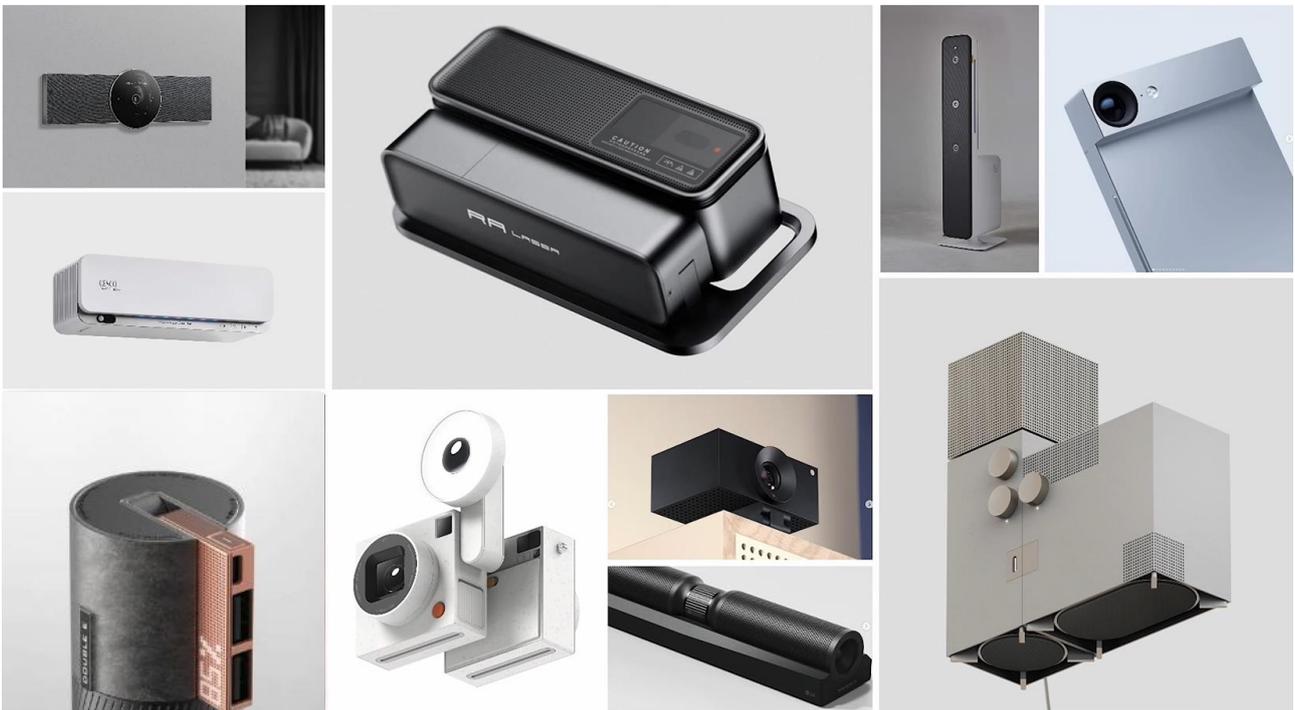
Le tendenze degli ultimi anni, per quanto riguarda il design industriale, sono molto chiare ed esplicite, infatti la maggior parte dei prodotti che possiamo trovare online sono piuttosto simili tra loro ed hanno diversi comuni denominatori: tono neutrale con talvolta un dettaglio di un colore più sgargiante; bordi e texture scanalate; silhouette geometrica e "ciccietta" con bordi raccordati. Ci sono diverse ragioni per questa cosa: i prodotti stanno diventando sempre più standardizzati (esempio lampante sono i cellulari), inoltre c'è sempre meno incentivo per le aziende di prendere rischi e provare a sfidare il mercato.



Ma potrebbe esserci un'altra ragione importante per la quale si va verso questa direzione: L'influenza degli algoritmi. Le piattaforme di ricerca online ed i social media dettano e modellano la nostra percezione progettuale. Esempio pratico: se proviamo a cercare su Pinterest "industrial design trends", l'algoritmo di Pinterest ti mostra tutto ciò che possa attirare maggiormente la vista e l'attenzione per fare in modo di tenere l'utente il più possibile nel sito web, questa è la loro priorità. Dopo qualche click, il sistema capisce che sei ad esempio un designer e cerca di mostrarti quasi le stesse immagini che ha mostrato ad altri designer come te. Abbiamo tutti dunque le stesse fonti di ispirazione. Per questo motivo la linea di stile applicata rimane simile e piuttosto definita. Gli algoritmi di queste piattaforme tendono perciò a premiare una "media" di ciò che la maggior parte delle persone vogliono vedere, piuttosto che il design più bello o unico ed originale. Tutto questo non significa che la qualità estetica finale di un prodotto sia necessariamente brutta o bella, o abbia una

valutazione positiva o negativa, ma è una semplice dimostrazione che identifica lo stato attuale delle cose. Occorre conoscere il modo ed i meccanismi grazie ai quali le cose funzionano nel presente per

poter capitalizzare al meglio il proprio lavoro. Tutto questo non significa che la qualità estetica finale di un prodotto sia necessariamente brutta o bella, o abbia una valutazione positiva o negativa, ma è una semplice dimostrazione che identifica lo stato attuale delle cose. Occorre conoscere il modo ed i meccanismi grazie ai quali le cose funzionano nel presente per poter capitalizzare al meglio il proprio lavoro. Questa dinamica non è certamente una novità di quest'anno, anzi è ormai tanto tempo che le cose si sviluppano in questa direzione e non solo nel campo del design ovviamente; ma in questo periodo storico questo effetto risalta particolarmente.



Le caratteristiche e qualità di tendenza in questo periodo sono dunque le forme voluminose, solide e spesso lisce; in opposizione alle configurazioni più snelle e allungate. Prendono piede inoltre le forme geometriche ben definite, in particolare quelle coniche e cilindriche. I concetti di riparabilità, assemblaggio e sostenibilità continuano a rimanere importanti e preponderanti nell'ambito della progettazione e non solo.

Il quesito da porsi oggi è discutere se abbia ancora significato, nell'era della trasformazione digitale, parlare di innovazione di processo distinta dall'innovazione di prodotto e se non sia invece anacronistico proseguire nel non cogliere la loro stretta interdipendenza nell'ambito del progetto di architettura e in quello di design di prodotto. Se ci riferiamo alle origini del concetto di "innovazione di processo", il fine era quello di introdurre un nuovo approccio, cosiddetto "dinamico", che servisse ad esprimere la realtà dello sviluppo attraverso i termini appropriati dell'innovazione. In tale ambito, l'introduzione del termine "processo" veniva identificata come "L'introduzione di un nuovo metodo di produzione o un nuovo modo di gestire un prodotto "commercialmente". Nei diversi cicli di produzione industriale che si sono susseguiti, il concetto di "innovazione di processo", pur assumendo fisionomie e profili settoriali differenti, ha mantenuto un legame con il cosiddetto



“approccio dinamico” e, comunque, è sempre stato legato alla disponibilità di nuove conoscenze scientifiche o ad esigenze da soddisfare. Se è possibile ritenere, secondo un’accezione contemporanea, che si ha innovazione di processo quando si verifica l’introduzione di un nuovo processo (produttivo, realizzativo, organizzativo) o un significativo incremento, in termini di efficienza, di un processo esistente, è sicuramente obsoleto parlare di innovazione di processo distinta dall’innovazione di prodotto, per via dei molteplici fattori, strettamente legati alle caratteristiche del prodotto finale, che concorrono all’innovazione. È riconosciuto come lo scenario contemporaneo non sia rappresentato dall’invenzione di nuovi processi ma dall’ingegnerizzazione di quelli esistenti e che l’innovazione di processo sia prevalentemente legata ai cambiamenti strutturali necessari per aumentare l’efficienza nella produzione di prodotti o servizi. L’incessante accelerazione dello sviluppo tecnologico dovuto alla era della trasformazione digitale, pone, quindi, oggi, questioni imprescindibili sul ruolo della tecnologia come elemento determinante nell’intero processo di programmazione, concezione, produzione, esercizio, smaltimento/riciclo degli artefatti industriali. È plausibile ipotizzare che stiamo assistendo ad un progressivo primato delle “tecnologie di processo” rispetto a quelle “di prodotto”, e ciò riguarda l’intero ambito della cultura tecnologica del design, con avanzamenti più evidenti in settori in cui lo sviluppo è più accelerato.

Quello che cambia, in realtà, sono gli esiti in cui la tecnologia si traduce: è sempre più a misura d’uomo, del corpo, come risulta evidente nel progetto dei cellulari, ma anche dei condizionatori o dei frigoriferi, che non sono più scatoloni bianchi come in passato: le loro dimensioni non sono studiate per adattarsi a una parete, ma all’uomo.

Il design interattivo è quindi diventato più importante del semplice design fisico. Se si progetta un qualsiasi tipo di refrigeratore, bisogna pensare anche al tipo di aria di cui si ha

bisogno, all’odore, al livello di umidità.

Se si progetta per un settore industriale di cui non si possiede un’esperienza, vi si può trasferire il sapere ricavato da un altro. Una specie di fecondazione incrociata. Che si tratti di aviazione, scarpe sportive o orologeria, è tutto collegato ed è tutto design. Il design deve parlare del futuro, provando ad’immaginare come saranno le cose tra 10 o 15 anni. Dal punto di vista della tecnologia, c’è stato un formidabile progresso nella prototipazione rapida. Ciò sta avendo un forte impatto sul modo in cui le aziende affrontano il problema della fabbricazione. Oggi il sistema che sta intorno al design è diventato più complesso. Vengono concepite soluzioni come fossero vere e proprie estensioni del corpo che interagiscono con l’essere umano e l’ambiente, modificando forma e posizione. In quanto

portatore di valori identitari, il design diventa il motore in grado di orientare le scelte tecnologiche, culturali, comportamentali e gli stili di vita. Dà forma, fisica o digitale ai nuovi oggetti e alle nuove tecnologie per renderli gradevoli, facilmente usabili e gratificanti.

Il design concepisce prodotti e soluzioni in grado di generare reali esperienze "disruptive" e cambiare il modo di vivere degli individui e rappresenta uno strumento dirompente, capace di creare e "distruggere" persone, luoghi e prodotti. È anche veicolo per una riforma culturale. Se osservato come processo globale quello del design è un comparto in costante trasformazione.

Si impone sull'identità dei brand, evidenzia valori culturali e distilla l'intero processo di progettazione di beni fisici e servizi. Una forma di storytelling diretta perché il cervello ha un rapporto preferenziale con le immagini (e le forme), che interpreta a velocità maggiore rispetto alle parole. Si entra poi nel campo dell'etica ambientale, delle risorse limitate a disposizione sulla Terra, della mancata responsabilità verso il futuro. Negli ultimi anni molte attività di ricerca sono impegnate a studiare se e come il design possa reindirizzarsi per rendere la produzione materiale e digitale più responsabile, più etica. Mettendo al centro la persona e puntando al soddisfacimento di ogni suo bisogno il design ha spinto in secondo piano altri aspetti e oggi ne paghiamo le conseguenze. Molti designer cercano di essere politicamente corretti rispettando formalmente concetti come bio, eco, sostenibile o green, ma continuano a nascondersi dietro l'alibi del riciclabile. Il crollo dei consumi e la crisi ambientale, le difficoltà in cui versa il rapporto fra produzione e mercato, ci mettono di fronte agli errori compiuti.

È necessaria una svolta collettiva, non limitarsi al progetto di "cose" ma continuare ad alimentare la corrente del design che interviene sui problemi più urgenti del nostro tempo, dai rifiuti ai problemi geo-politici, dall'inquinamento ai disastri ambientali. Secondo uno studio condotto da McKinsey and Company per analizzare il consumo di energia in Germania, è emerso che "le aziende e le famiglie potrebbero ridurre i propri consumi del 21% entro il 2020 risparmiando 500 TWh di energia all'anno, se applicassero sistematicamente prodotti e soluzioni efficienti dal punto di vista energetico e progettato processi di efficienza energetica in linea con queste soluzioni." Tutti sono consapevoli del danno che abbiamo già causato alle risorse del pianeta e i prodotti ad alta efficienza energetica sono l'unico tipo di prodotti che sopravviverà al futuro.

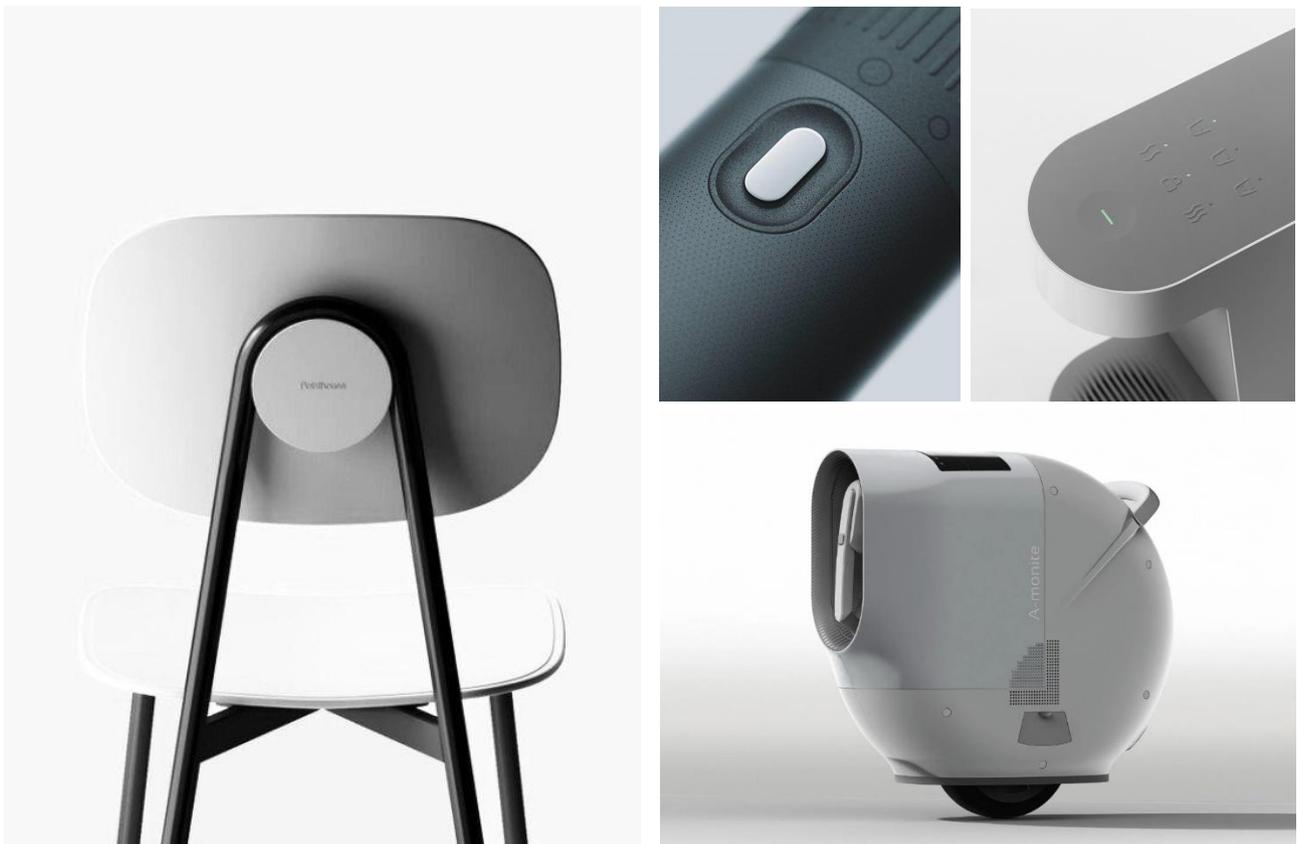
I produttori sono sempre più interessati al consumo di energia durante la produzione, i consumatori sono sempre più consapevoli della loro impronta di carbonio e, naturalmente, delle bollette elettriche. Il consumatore di oggi non ha una mentalità "confronta i prezzi, compra il più economico". Il consumatore di oggi, esperto di tecnologia e altamente informato, esegue una diligente ricerca sui prodotti e un'analisi dei vantaggi, tenendo conto del risparmio energetico a vita prima di acquistare qualsiasi cosa. L'illuminazione efficiente, il riscaldamento efficiente e il raffreddamento efficiente sono oggi una norma. I progettisti industriali devono sviluppare in mente un design efficiente dal punto di vista energetico per mantenere qualsiasi valuta con i consumatori consapevoli. Ciò che distingue il progettista, oggi, è l'attitudine e la responsabilità di un agire intenzionale.

Oggi ci sono un centinaio di prodotti tra cui scegliere in qualsiasi categoria e i consumatori sono volubili. L'unico modo per vendere è distinguersi e attirare l'attenzione offrendo design ingegnosi che conquistano i cuori e le menti del consumatore per connettersi con lui/lei a livello personale.

Non importa quanto sia rivoluzionaria una tecnologia, un design funzionale e di bell'aspetto deve diventare un'estensione della personalità dell'utente per attrarlo. Deve riflettere il loro stile, e questo è il fattore più importante che li spingerà ad acquistarlo.

Ogni prodotto deve raccontare una storia attraverso il suo design. È elegante e maneggevole, è luminoso e colorato, è spazioso e confortevole o è semplicemente troppo carino per essere ignorato? Il design di un prodotto deve evocare un'emozione specifica dal suo pubblico di destinazione per diventare una sensazione.

Un iPhone non otterrebbe comunque il tipo di riverenza che ottiene se fosse noioso e generico da guardare, non importa quanto fosse tecnologicamente avanzato.



LE TENDENZE DELL'ARREDAMENTO

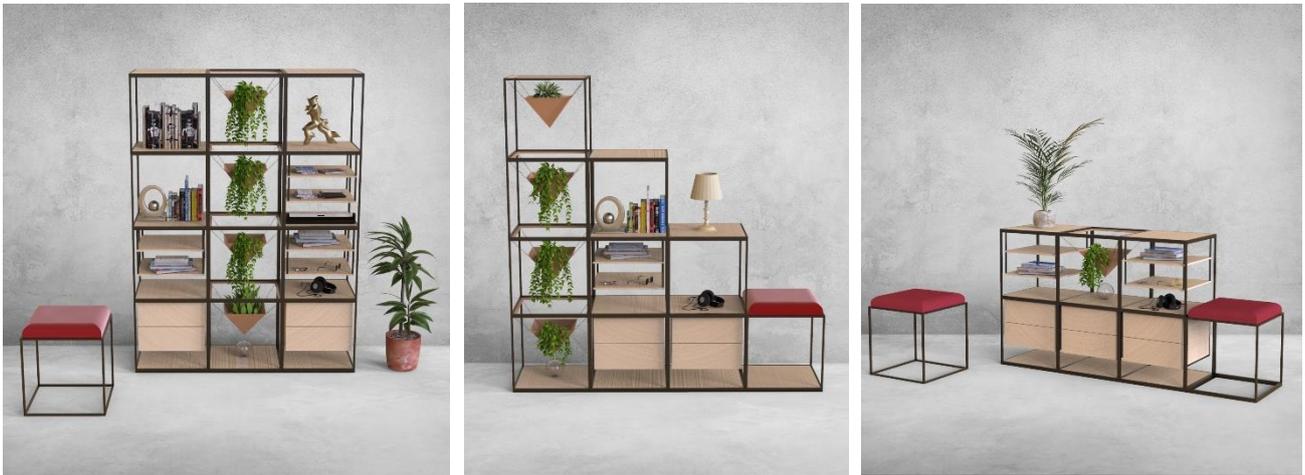
Per quanto riguarda l'arredamento le parole chiave sono: adattabilità, trasformismo, componibilità. Gli elementi d'arredo di ultima generazione evolvono nella geometria della modularità per assecondare e seguire il ritmo spaziale del nuovo abitare. Case che si rimpiccioliscono, aree lounge in espansione o stanze ritrovate da riempire sfidano le leggi della progettazione invitando designer e aziende a immaginare forme fluide con cui superare la nozione modernista di sistema rigido. I progetti presentati proseguono, quindi, nell'indagine, pensando ai luoghi della quotidianità come a un continuum in potenziale divenire: non più semplicemente iterate, come avveniva negli arredi dei visionari maestri degli anni Sessanta, le unità si diversificano per ottenere configurazioni disperate. Dominati dalla sola legge della personalizzazione, i moduli che compongono luci, cucine, imbottiti e scaffalature si affiancano per poi separarsi, si uniscono per poi dividersi.



Secondo un sondaggio fatto dalla rivista A-D Italia 16 esperti nel settore dell'arredamento, ci sarà un aumento degli uffici domestici, anche grazie all'avvento dello smart-working: i proprietari stanno scambiando i banconi della cucina per spazi dedicati più professionali. La stanchezza da zoom è reale, ma lo è anche la consapevolezza che lo sfondo per le chiamate deve cambiare. Trovare lo spazio per un ufficio domestico spesso implica un reset della funzione della stanza. Per esempio, vengono convertiti i salotti, le camere da letto o le stanze più piccole. Anche le stanze per gli ospiti fanno il doppio lavoro, con posti letto e scrivanie. «Stiamo tutti diventando più consapevoli di come la disposizione e l'estetica di una stanza possano influenzare la nostra energia e produttività. Trasformare una stanza nel tuo nuovo spazio per l'home office non è solo un progetto divertente, ma una necessità per molte persone che lavorano a distanza. Quando si cerca di



aumentare la funzionalità di una casa, questo spazio potrebbe diventare addirittura una priorità. Questi anni, le persone dedicheranno più tempo e sforzi nella progettazione di uno spazio di lavoro unico per massimizzare la loro concentrazione, motivazione e produttività.» Spiega Farris Wu, fondatore e CEO di DecorMatters. Le persone ricercano elementi sofisticati che rappresentino il loro stile e la loro personalità. Metalli grezzi e altri rivestimenti sono richieste frequenti nei progetti moderni e contemporanei.



Negli ultimi anni, il bianco è stato dominante sia per le nuove case che per le ristrutturazioni esterne. Stiamo vedendo sempre più interesse per i neutri scuri e i toni naturali. Per esempio, i rivestimenti in legno naturale o il passaggio a un più audace grigio scuro stanno diventando sempre più popolari. «Stiamo continuando ad appoggiarci a un'estetica morbida e moderna che affonda le sue radici nei toni del legno e nei colori puliti e naturali. Inoltre, molti proprietari stanno scegliendo tonalità che riprendono i colori della natura come Blue Lagoon, Dried Thyme e Monarch Gold», commenta Stephanie Pierce, direttore del design e delle tendenze di Armadi MasterBrand.

Nel corso degli ultimi due anni, il modo di vivere e di concepire la casa si è fortemente innovato e un'attenzione crescente è stata dedicata ai suoi spazi, sempre più considerati non solo come luoghi d'incontro e di convivialità ma anche come ambienti smart, ovvero funzionali alle nuove esigenze lavorative (home office) e di vita. Un orientamento, questo, abbastanza chiaro che ben si riflette nelle tendenze di arredamento 2022 le quali, non a caso, mirano con decisione a concetti precisi, quali il minimalismo, l'essenzialità e il ritorno alla natura, aspetto quest'ultimo dominante tanto negli stili d'arredo quanto nei colori e nei materiali considerati di tendenza.

Le parole d'ordine di quest'anno per tutti coloro che desiderano dare un nuovo look alla propria casa sono quindi chiare; da una parte gli stili ai quali ispirarsi saranno soprattutto quelli di maggiore tendenza sui social, ovvero il minimal, il vintage, il cottagecore e il mix&match mentre, dall'altro, il filo conduttore, tanto nella scelta dei colori quanto in quella dei materiali e degli arredi, sarà la sostenibilità, l'upcycling e il basso impatto ambientale. I mobili e gli elettrodomestici per la casa devono essere di design ma ispirati all'artigianalità e caratterizzati da tecnologie all'avanguardia, queste ultime capaci di unire praticità e consumi ridotti; sono richiesti prodotti funzionali e moderni, capaci di soddisfare le aspettative delle persone e di integrarsi alla perfezione in ogni tipo di ambiente. Vi sono, poi, dei materiali che la fanno da padrone nell'arredamento della casa; per gli

spazi interni si privilegiano infatti materie prime naturali, sostenibili e capaci di donare confort e benessere agli ambienti domestici. Tra i materiali più in voga ci sono quindi quelli eco-compatibili come rattan, iuta, legno e vetro ai quali se ne abbinano altri come il velluto, il metallo dorato, l'alluminio, perfetti per gli specchi e per le rifiniture di lampade e lampadari.



Ciò che sicuramente possiamo dire è che negli ultimi anni, tema centrale e ispirante del settore saranno le abitudini dei Millennial, una nuova generazione di consumatori nati tra gli anni Ottanta e Novanta che rappresenta ad oggi una realtà numericamente non trascurabile, nonché una fonte di spunti creativi anche in tema di arredo. Come sarà dunque la casa del futuro? Ricercata, green e smart. Nelle nuove generazioni emergono valori ed esigenze che si riflettono anche nelle scelte tra le quattro mura: lo smart working, come detto in precedenza porta con sé un nuovo modo di concepire lo spazio domestico, dove l'abitazione non è più vissuta solo come il luogo privato dedicato al riposo e alla famiglia, ma assume una funzione lavorativa. L'avvento dei social network inoltre ha dato vita a nuovi lavori, inclusa la professione dei "Content Creator": persone di qualsiasi età che da casa educano i propri follower su tematiche specifiche e che intrattengono il proprio pubblico creando contenuti digitali di vario tipo. Parliamo di professionisti variegati come streamer e YouTuber che, sono stati recentemente riconosciuti dalla Repubblica Italiana a livello legale. Ne consegue la necessità di dover ripensare all'organizzazione degli spazi e allo stile di arredamento.

La propria camera da letto diventa un luogo dalle molteplici funzioni, dove figure come quella appunto dello streamer, passano la maggior parte della propria giornata, trovandosi spesso anche a consumare pasti davanti al computer.



Dovendo esprimere al meglio le necessità di ogni componente della famiglia, si assiste dunque ad un cambiamento di mentalità nella progettazione degli spazi domestici, poiché la casa diventa il luogo dell'espressione anche maschile, dove la donna non è più l'unica protagonista nella valutazione e nella scelta dell'arredamento. La personalizzazione è un elemento importante e nel design sta ricoprendo sempre più un ruolo fondamentale, mentre la tendenza stilistica più in voga è quella del "mix & match" tra elementi costosi e occasioni, magari da cambiare in un secondo momento, giocando con accenti di mood industriale e altri di gusto contemporaneo, con colori e tessuti di diversa provenienza, tra passato e presente, alla ricerca di un'estetica a volte imperfetta ma di grande gusto. I nuovi trend in tema di arredo casa ispirati ai Millennials si caratterizzano anche per una elevata sensibilità al tema della green economy e della social responsibility, con attente valutazioni dei materiali utilizzati e dei processi produttivi, e per una forte propensione a investire per la realizzazione di una "casa intelligente" dotata di tecnologia domotica ricca di innovazioni, funzionale alla riduzione dei consumi e degli sprechi energetici, ma anche in grado di semplificare la vita, unendo al comfort una maggior sicurezza. Le case delle nuove generazioni sono spazi caratterizzati da elementi personali e pieni d'identità: stampe minimaliste, dettagli personalizzati, insegne luminose a Led da appendere alle pareti, piccole decorazioni in finitura cromata e lampadari.

In Italia, il settore dell'interior design rappresenta da solo ben il 5% del PIL con un totale di 29mila aziende su tutto il territorio nazionale. Made in Italy, nell'arredamento, è anche sinonimo di qualità, artigianalità, tradizione ed eccellenza in tutto il mondo. In termini più ampi e generali, scopriamo che l'American Institute of Architects ha evidenziato nell'ultimo anno un aumento delle richieste per la realizzazione di home office (lo sottolinea il 68% delle 425 aziende intervistate), una maggiore ricerca dell'ecosostenibilità, della luminosità e del contatto con l'esterno attraverso solarium, portici, balconi, verande e mobili outdoor (33%), e anche un'impennata di progetti personalizzati per le cosiddette "zone filtro", ambienti della casa studiati per ospitare oggetti come scarpe e cappotti, ossia elementi

che hanno avuto contatti con l'esterno potenzialmente contaminato. Sono pochi dati, ma che già fanno capire l'importanza di questa particolare industria (di cui l'Italia è sempre stata uno dei traini principali) sul mercato di scala mondiale. E ancora, secondo il recente report "The future of Home 2030" le tendenze da tenere d'occhio nell'arredamento, almeno per il prossimo decennio, graviteranno tutte attorno al concetto di casa-isola: la casa diventerà sempre di più un luogo multifunzione in cui rilassarsi, praticare sport, leggere e fruire di infotainment, ma anche lavorare. Sempre più richiesti saranno gli arredi in materiali antibatterici come rame, sughero, vetro, ma anche accessori quali i purificatori d'aria e i sistemi di filtrazione flessibili.

Trend dell'Arredamento:



- Aumento delle realizzazioni di Home Office
- Ricerca dell'ecosostenibilità, della luminosità e del contatto con l'esterno
- Progetti personalizzate per le "zone filtro"
- Emerge il concetto di casa-isola: un luogo multifunzione in cui rilassarsi, fare sport, lavorare, ecc...
- Crescita dell'utilizzo di materiali antibatterici e impianti di purificazione dell'aria
- Crescono i sistemi di partizione degli spazi interni per creare case flessibili che mettono al centro il multitasking



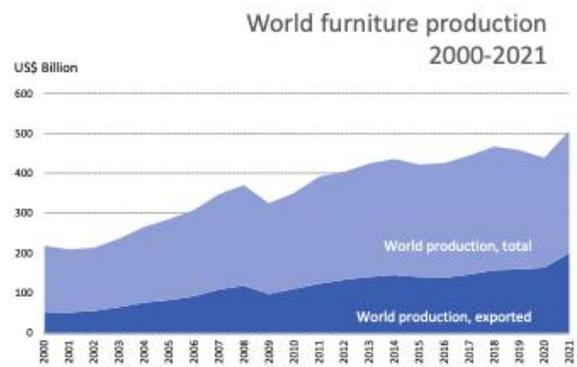
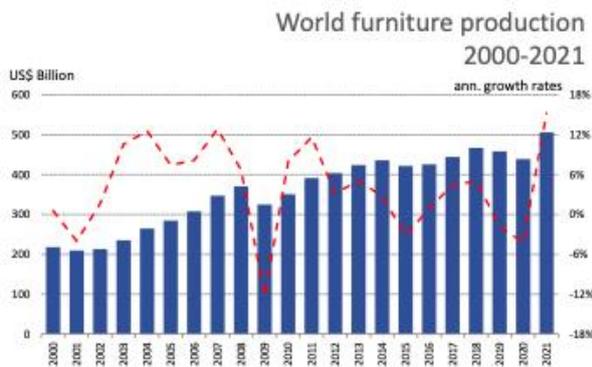
E poi largo ai sistemi di partizione degli spazi interni per creare case flessibili che mettono al centro il multitasking, e ambienti esperienziali fatti di gaming e digital décor, illuminazione interattiva, soluzioni d'arredo studiate per la domotica, le connessioni ad alta velocità e per accogliere elementi di decorazione immersiva. Spazi fatti di tanta tecnologia da un lato e di materiali naturali ed esperienze materiche dall'altro. Un indoor, quindi, che dà quasi la sensazione di essere un outdoor o quantomeno in comunicazione con esso, e che sarà sempre più connesso al resto del mondo.

Per capire la profonda rivoluzione che ha interessato il processo d'acquisto dei clienti, è necessario prima di tutto comprendere cosa si intenda per "processo di vendita". Definiamo in questo modo tutto l'insieme di attività e strategie, da quelle più importanti, come la consulenza o la proposta commerciale vera e propria, fino a quelle per così dire "di corollario" come il supporto tecnico e stilistico, finalizzate a vendere un determinato prodotto secondo una serie di step ben precisi. Di fatto, il processo di vendita segue e favorisce la decisione d'acquisto del cliente in modo sempre più multicanale, anche nel settore dell'arredamento: rispetto a qualche anno fa, il consumatore utilizza oggi la rete per tutte le fasi preliminari all'acquisto vero e proprio, cercando recensioni e opinioni su un determinato prodotto, leggendo approfondimenti, osservando foto e video, confrontando prezzi.

Per rispondere adeguatamente a queste nuove esigenze, l'azienda deve essere quindi pronta a sfruttare tutto il potenziale di una strategia multicanale che, dall'inizio del 2020, significa essenzialmente utilizzare i tantissimi strumenti messi a disposizione dalle piattaforme digitali.

Secondo CSIL, l'industria dell'arredamento, tra il 2000 e il 2021, ha raddoppiato il suo volume, raggiungendo un volume mondiale di circa 500 milioni di dollari, che saranno superati nel 2022. La pandemia ha avuto un effetto molto limitato sul mercato dell'arredamento, probabilmente dovuto al fatto che la casa ha avuto un ruolo di primo piano, in questo lungo periodo. La lunga permanenza forzata nelle nostre residenze ha spinto le vendite di mobili, e questo ha consentito a tutto il comparto di recuperare e tornare ai livelli pre-Covid molto velocemente.

Di tutta la produzione mondiale di mobili, oltre un terzo è destinata all'export. Negli ultimi vent'anni, l'export è cresciuto alla stessa velocità della produzione, e anche l'import continua a crescere. Il commercio internazionale di mobili è tornato a crescere a doppia cifra, nel 2021.



Il consumatore è al centro, e chiede sempre più personalizzazione; infine, dopo la lunga permanenza forzata a casa degli ultimi tempi, il comfort è tornato al primo posto tra le esigenze dei consumatori. Come detto in precedenza, sempre in ascesa sono anche gli arredi per home office, nomadi e flessibili. Anzi, la richiesta per questi tipi di arredi per riorganizzare lo spazio domestico è decisamente in espansione. Accanto alla richiesta di arredamento, aumenta anche la richiesta di tecnologie per avere spazi domestici sempre più attrezzati come spazi di lavoro. Infatti, tra i prodotti per ufficio più venduti, si contano le sedie girevoli, i tavoli per home office, e i tavoli con altezza regolabile.

Per il 2023, dunque, si prevede una crescita globale (100 Paesi) del mercato dell'arredamento, del 4% circa. Tra i grandi mercati (oltre 5 miliardi di dollari di consumo di mobili), i Paesi che dovrebbero avere un maggiore rimbalzo nella crescita del consumo di arredamento sono i Paesi europei e asiatici.

IL FRIGORIFERO

A questo punto è doveroso focalizzarsi sull'oggetto preso in considerazione per questa tesi. Considerato da molti l'elettrodomestico più importante, il frigorifero negli ultimi anni ha subito una grande evoluzione. Da semplice luogo dove conservare i cibi, è infatti diventato a tutti gli effetti un elemento di home design, e sono molte ormai le aziende che propongono modelli che uniscono alla funzionalità anche l'estetica. In questo modo l'elettrodomestico non deve solamente fare il suo lavoro, ossia tenere in fresco i cibi, ma gli viene richiesto sempre di più di fungere da complemento d'arredo che rispecchi la personalità di chi la vive. La risposta dei costruttori a questa richiesta del mercato si è fatta sentire, e sono sempre più numerosi i modelli di frigorifero molto curati anche sotto il punto di vista dell'estetica, con colori originali, motivi sgargianti, forme dinamiche o arrotondate. E sempre più spesso i grandi marchi di elettrodomestici mettono in campo fior di designer che realizzano autentiche collezioni, proprio come fossero stilisti di moda. In tutto ciò le opzioni tecnologiche rimangono sempre al top e il cliente può decidere se orientarsi sul modello a doppia porta o monoporta, con una capacità "familiare" o "da single". Le nuove tendenze per quanto riguarda i frigoriferi riguardano: La forma, il colore e le tecnologie. Il comune denominatore è proporre un ritorno alla tipologia free standing. Questa permette di installare l'elettrodomestico ovunque si voglia, e non vincola con le misure come un frigorifero ad incasso. La conseguenza è che il frigo free standing diventa il protagonista attorno a cui far ruotare tutto l'arredamento della cucina e non solo. Non è più quindi un vano anonimo con una funzione puramente pratica, ma un mobile a tutti gli effetti con un suo stile. Se fino a qualche anno fa il modello più diffuso era quello classico a un'anta, di dimensioni più o meno standard, oggi il frigorifero si adatta alle dimensioni della stanza. Tra le nuove tendenze c'è in fatti quella di realizzare modelli più o meno ingombranti a seconda dello spazio a disposizione.



Il primo aspetto di cui tener conto è la capacità del frigorifero che deve essere adeguata al numero di persone che ne fa uso. Per chi vive da solo, sarà sufficiente un modello di frigorifero da 100-150 litri. Se invece si fa parte di una famiglia numerosa, allora ci sarà bisogno di 200-280 litri, ricordandosi che un frigorifero grande e vuoto farà consumare più energia inutilmente. Bisogna poi considerare l'ambiente in cui verrà posizionato il frigo: a seconda dello spazio a disposizione.

I frigoriferi di piccole dimensioni hanno una profondità inferiore ai 60 cm: sono in genere monoporta e hanno la zona congelatore collocata nella parte superiore. Se non si hanno problemi di ingombri, invece, si può tranquillamente optare per modelli con profondità maggiori e larghezze superiori ai 70 cm. L'altezza può oscillare tra gli 80 cm (è il caso dei cosiddetti frigoriferi da tavolo o frigo bar) e i 2 metri dei frigoriferi grandi dimensioni combinati.

Dopo aver considerato le dimensioni del frigo, occorre considerare quali sono le proprie abitudini di spesa e alimentari. In caso di acquisto di cibi freschi ogni giorno, quello che serve è un frigo monoporta, di piccole dimensioni e con un freezer (se presente) ridotto. Quest'ultimo consiste per lo più in una cella distinta dal resto del frigorifero, una o due stelle (le stelle sono il livello di temperatura congelante) per la semplice produzione di ghiaccio e la conservazione di alimenti per pochi giorni, oppure quattro stelle per la congelazione vera e propria per un periodo di tempo prolungato. In caso di spesa occasionale e varia, allora meglio optare per un frigo combinato, o addirittura un frigo americano con doppia porta. Si tratta di un modello che combina un frigorifero (posizionato nella parte superiore) e un congelatore voluminoso quattro stelle (situato nella parte inferiore), dotato di vari cassettoni per la disposizione dei cibi. Ad esso sono spesso incorporati un distributore automatico di acqua e cubetti di ghiaccio. I frigoriferi americani vengono anche chiamati modelli Side by Side: quali sono le caratteristiche distintive? Sicuramente, le grandi dimensioni (hanno una capacità superiore ai 400 litri) e la presenza di due porte affiancate (una disposta accanto all'altra, come un armadio), per accedere agli scomparti del frigorifero e al congelatore. Esiste poi sul mercato una seconda tipologia di frigo americani, denominati French Door, cioè a quattro porte, perché ne hanno due per il fresco e due per il freezer.

Questi frigo, dal design accattivante e ricercato, hanno normalmente una serie di plus molto utili, come il display digitale con comandi touch, opzioni avanzate per la riduzione dei consumi energetici e funzionalità intelligenti per la gestione dell'elettrodomestico e l'organizzazione interna degli alimenti. Oggi i frigo sono sempre più smart, perché connessi a Internet e dotati delle più moderne tecnologie (non solo per la conservazione degli alimenti). Ad esempio, esistono modelli dotati di



segnali luminosi e acustici che avvisano della mancata chiusura o prolungata apertura delle porte, così da limitare gli sprechi di corrente; i modelli anti-black out che permettono di mantenere costante la temperatura all'interno del frigo per alcune ore in caso di black out elettrico e, quindi, di conservare gli alimenti. I modelli più smart sono gestibili e controllabili mediante applicazioni dedicate dallo smartphone o dal tablet. Inoltre, dialogano con gli altri elettrodomestici della casa e diventano dei

veri e propri hub per l'intrattenimento domestico. Un'ulteriore categoria di frigorifero sono i frigo-cantina o cantinette. Il frigo cantina è un elettrodomestico presente ormai in molte case e per diversi



motivi. Innanzitutto, risponde a un'esigenza: permettere a tutti gli appassionati di vini di far invecchiare, mettere in temperatura e conservare le proprie bottiglie più vicino a sé, a casa o nel proprio appartamento. Diventato un pezzo fondamentale della decorazione d'interni, il frigo cantina sa adattarsi alle esigenze dei più grandi intenditori e richiede quindi anch'esso una notevole attenzione all'estetica del prodotto. Infine, simboleggia la promessa di momenti speciali da

trascorrere assieme ai propri cari davanti ad una buona bottiglia di vino. Le cantinette sono appositamente progettate per garantire condizioni di conservazione ottimali per le bottiglie, grazie al controllo dell'umidità, al mantenimento della temperatura, al sistema antivibrazioni, alla filtrazione dell'aria e alla protezione dai raggi UV.

Poniamo ora l'attenzione sul design dell'oggetto frigorifero domestico, in particolare lo studio della forma. 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. Le geometrie di quasi tutti i frigoriferi presenti sul mercato sono estremamente regolari, dei parallelepipedi che si sviluppano in orizzontale o in verticale minimizzando i costi di produzione e permettono una facile pulizia delle superfici esterne ed interne. Le superfici trasparenti sono 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. Oggi designer e ingegneri propongono sempre nuove proposte di progettazione del frigorifero per dare nuova vita a questo prodotto, cercando di rivoluzionarne la forma, le linee e la personalità. Portare una vera e propria innovazione a questo oggetto può veramente ribaltare l'uniformità di mercato presente tutt'ora.

I progetti ed i concept moderni uniscono una nuova estetica alla funzione cercando anche di distaccarsi dall'ambiente cucina. Infatti per ogni ambiente della casa, una macchina del freddo può assumere differenti funzioni coniugandosi ad una forma adeguata all'uso. Ecco alcuni esempi:



-Bio Cooler

Questo progetto raffredda senza utilizzo di elettricità; il vapore acqueo evaporato dalle piantine irrorate poste al di sopra, viene raccolto da un sistema di specchi e permette il raffreddamento.



-Slider

Questo prototipo di minifrigo offre un design minimal e elegante. Tramite l'apertura verticale della porta, ne riduce l'ingombro.



-Airen Wine Fridge

Cantinetta vino che prende le forme di un elegante tavolino e pensata per enfatizzare i momenti di colloquialità.



-Bio Robot refrigerator

Idea ancora in fase di sviluppo ma sicuramente dal carattere innovativo sia nella forma che nella sua modalità di utilizzo.



-Zeerpot

Anche questo concept utilizza un sistema di refrigerazione senza energia elettrica, sfruttando sabbia umida e sistemi di evaporazione.



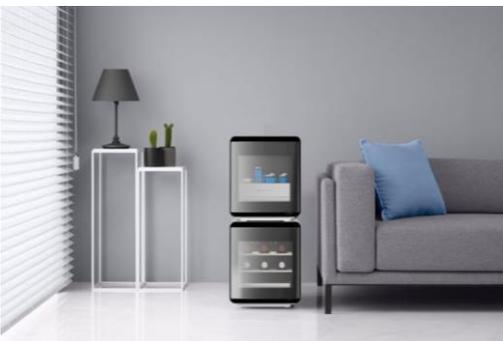
-Lifestyle Fridge for women

Concept sviluppato per la conservazione di prodotti cosmetici. Il design femminile e delicato si fonde bene con la sua funzione.



-Cupola

Un piccolo refrigeratore concepito per la conservazione di formaggi e simili.



-Samsung's cube

Sistema di refrigerazione a composizione modulare adattabile in ogni spazio.

SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

LA SITUAZIONE

Il cambiamento climatico è reale e quasi irreversibile. La capacità della natura di assorbire l'attività umana sta diminuendo e il riscaldamento globale sta causando sempre più eventi meteorologici estremi in tutto il mondo, causando morte, sfollamenti e gravi danni economici. Il consumo globale di energia sta aumentando, la classe media globale aumenterà da 1,8 miliardi nel 2009 a 4,9 miliardi nel 2030, suscitando interesse sui servizi ecosistemici. I cambiamenti climatici riguarderanno principalmente le aree e le popolazioni più fragili del mondo che dipendono dall'agricoltura e dalla pesca e

potrebbero avere gravi conseguenze in termini di migrazione e prospettive e prestazioni economiche. La comunità scientifica è ormai unanime nell'indicare le attività umane quali responsabili della crisi climatica, in particolare a causa dell'aumento dei gas serra immessi nell'atmosfera. La concentrazione di gas serra nell'atmosfera ha raggiunto livelli record: l'anidride carbonica è aumentata del 147%, il metano del 259% e il protossido di azoto del 123% rispetto ai livelli preindustriali. La CO₂ in atmosfera viene attualmente stimata, in media, in 413 parti per milione, una concentrazione che non si registrava da almeno 650 mila anni, ma probabilmente da molto prima.

Il rapporto del Gruppo Intergovernativo sui Cambiamenti Climatici (IPCC) fornisce nuove stime sulle possibilità di superare il livello di riscaldamento globale di 1,5°C nei prossimi decenni. A meno che non ci siano riduzioni immediate, rapide e su larga scala delle emissioni di gas serra, limitare il riscaldamento a circa 1,5°C o addirittura 2°C sarà un obiettivo fuori da ogni portata. Il rapporto mostra che le emissioni di gas serra provenienti dalle attività umane sono responsabili di circa 1,1°C di riscaldamento rispetto al periodo 1850-1900. Mediamente nei prossimi 20 anni, secondo il rapporto, la temperatura globale dovrebbe raggiungere o superare 1,5°C di riscaldamento. A provocare più danni è soprattutto il consumo di carbone, petrolio e gas, che rappresentano la maggior parte delle emissioni di gas serra. Nel 2019, secondo il Global Energy Perspective 2019 di McKinsey le fonti fossili erano responsabili dell'83% delle emissioni totali di CO₂ e la sola produzione di elettricità attraverso il carbone incideva per il 36%, anche se nel 2020 - per effetto della pandemia dal Covid-19 - le emissioni sono poi scese drasticamente (fonte World Energy Outlook 2020). Anche l'abbattimento delle foreste provoca danni consistenti: gli alberi aiutano a regolare il clima



assorbendo l'anidride carbonica dall'atmosfera, quindi se vengono abbattuti l'effetto benefico si perde e il carbonio immagazzinato negli alberi viene rilasciato nell'atmosfera, accentuando all'effetto serra. Inoltre, l'aumento degli allevamenti intensivi di bestiame e l'uso di fertilizzanti contenenti azoto contribuiscono ad aumentare le emissioni di gas a effetto serra. A dare un ulteriore incremento delle emissioni ci sono naturalmente gli elettrodomestici presenti nelle nostre case e luoghi pubblici, tra i quali naturalmente i frigoriferi e i condizionatori. Non tutti gli elettrodomestici assorbono lo stesso quantitativo di energia. Informarci su come funziona il consumo energetico è il primo passo da fare per poter risparmiare sulla bolletta e ridurre l'impatto ambientale nel nostro Paese e nel mondo intero. Per sapere quanto consuma un elettrodomestico dobbiamo considerare 3 fattori:

1. la grandezza dell'apparecchio; 2. la classe energetica; 3. il tempo di utilizzo.

Più le dimensioni dell'elettrodomestico saranno elevate, più saranno alti i consumi energetici. Prendiamo come riferimento un apparecchio che sicuramente è presente nella maggior parte delle abitazioni, ossia la televisione: più lo schermo è ampio più elevati sono i consumi.

Secondo i sondaggi fatti dalla Fondazione per la Sostenibilità Digitale, i dati sulla percezione degli italiani della relazione tra tecnologia digitale e sostenibilità ambientale sono questi:

Sostenibilità: per il 76% degli italiani è una priorità, ma sono pochi gli italiani che utilizzano strumenti che ottimizzano i consumi

Dati che fanno parte di un percorso di ricerca più ampio, finalizzato a definire il ruolo della tecnologia come strumento di sostenibilità da parte dei cittadini. Passaggio fondamentale per aziende ed istituzioni per comprendere come sviluppare policy e strategie finalizzate a cogliere quella che, secondo le Nazioni Unite, è una sfida non più rimandabile.

Lampadine e prese smart (usate regolarmente dal 16.4% degli intervistati), elettrodomestici connessi in rete (13%) ed impianti di climatizzazione gestibili on-line (125) guidano la Top Ten degli strumenti digitali che contribuiscono alla lotta all'inquinamento ed al cambiamento climatico. A seguire applicazioni per la raccolta differenziata, stazioni meteo intelligenti, frigoriferi e dispense smart. Sono le applicazioni ed i servizi orientati al monitoraggio ed alla riduzione dei consumi a guidare la classifica degli strumenti più utilizzati: quasi un italiano su tre fa uso regolare di elettrodomestici intelligenti (19.6%), lampadine controllabili tramite assistenti vocali (16.4%), impianti di riscaldamento e climatizzazione gestibili da remoto (12%), termostati intelligenti (15,5%). Il 4.9% degli utenti inoltre utilizza applicazioni per il monitoraggio della qualità dell'acqua, ma è necessario evidenziare come tale dato risenta del fatto che tali applicazioni non sono disponibili su tutto il territorio nazionale. Seguono le applicazioni per la gestione dei rifiuti, usate regolarmente da un italiano su cinque. A guidare la classifica in questo caso sono le applicazioni che forniscono indicazioni ed assistenza per la raccolta differenziata (10.9%) e quelle implementate dai Comuni per la prenotazione del ritiro dei rifiuti ingombranti (10.4%), oltre ai sistemi per la prenotazione dell'accesso alle isole ecologiche (6.6%). Infine, anche grazie ad alcune app di grande successo, stanno prendendo piede sistemi per abbattere gli sprechi alimentari, utilizzati regolarmente da un italiano su dieci. Si va dalle app che monitorano la scadenza dei prodotti a quelle dedicate allo

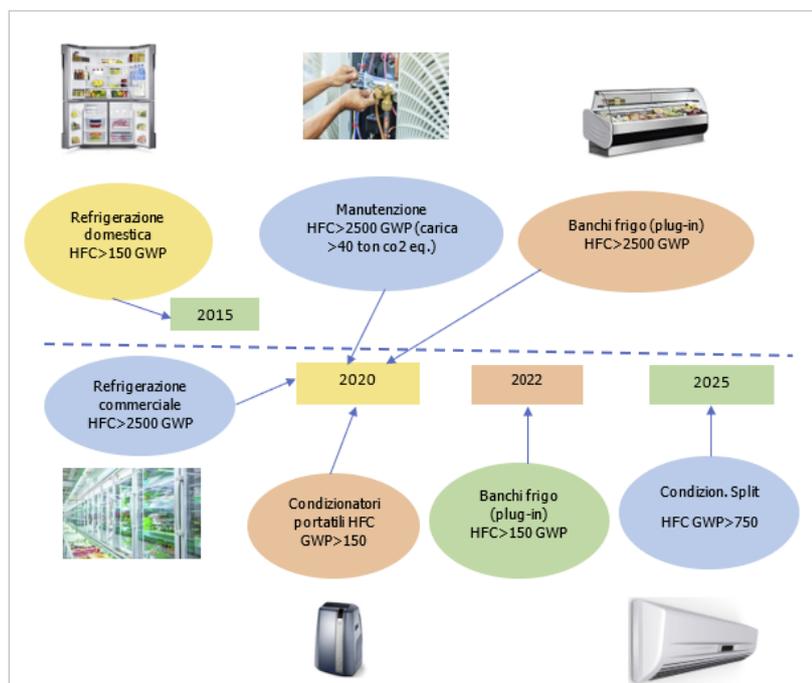
scambio o alla vendita di prodotti prossimi alla scadenza (in entrambi i casi utilizzate dal 5.3% degli intervistati), passando per frigoriferi e dispense smart (5.1%).



Gli italiani hanno la percezione che il digitale possa essere energivoro, ma non immaginano quanto. “Da notare come tale difficoltà nel percepire il corretto consumo energetico degli strumenti e dei servizi digitali sia totalmente sconnessa da elementi come la competenza digitale dichiarata o il fatto che la tecnologia sia considerata come una opportunità o come una minaccia. Che si sia competenti o meno e che nella propria opinione la tecnologia sia positiva o negativa, abbiamo una scarsissima consapevolezza del suo impatto energetico”. Per migliorare questi dati non basta la sensibilità del singolo ma serve una forte spinta da parte delle Istituzioni, con comunicazione al cittadino ed incentivi specifici, che siano però pensati per produrre un cambiamento consapevole delle abitudini”, conclude Epifani, Presidente della Fondazione per la Sostenibilità Digitale.

IL FREDDO INQUINA? ANALISI E CONSUMI

Gli apparecchi per la produzione del freddo danneggiano l'ambiente?



Sì, anche se meno che in passato, grazie ad una serie di provvedimenti, che sono stati adottati a livello mondiale, volti a limitare l'effetto inquinante sull'ambiente.

Un frigorifero, un congelatore o un climatizzatore permettono di ottenere del freddo grazie ad un fluido, il refrigerante, che circola all'interno di un impianto. Tale fluido può essere di diversi tipi, a seconda della sua composizione chimica. Per questo si distinguono i cosiddetti gas CFC, HCFC, HFC. I primi, fortemente inquinanti

dell'ozono atmosferico, sono ormai vietati da parecchi anni. Per i secondi è in corso una progressiva eliminazione, perché anch'essi risultano dannosi dell'ozono atmosferico, anche se in misura minore rispetto ai CFC. Solo gli HFC non portano danni all'ozono, anche se contribuiscono all'effetto serra. Tali sostanze possono essere presenti anche nelle schiume utilizzate per l'isolamento termico dei frigoriferi. Ecco perché vecchi frigoriferi, congelatori e climatizzatori non vanno mai abbandonati o gettati nell'ambiente ma devono essere smaltiti negli appositi centri di raccolta: con il tempo il gas presente nell'impianto andrebbe disperso nell'ambiente, l'olio del compressore potrebbe inquinare il terreno o le falde acquifere, così come le schiume utilizzate per l'isolamento.

Gli apparecchi frigoriferi danneggiano l'ambiente anche indirettamente, mediante il consumo di energia elettrica di cui necessitano per il funzionamento. Tale energia viene prodotta nelle centrali termoelettriche e richiede l'emissione in atmosfera di ingenti quantità di anidride carbonica, un potente effetto serra. Quindi più un frigorifero consuma energia elettrica più provoca indirettamente emissioni inquinanti in atmosfera.

L'Associazione Legambiente ha presentato il dossier sugli F-gas ammettendo che in Italia la distribuzione dei gas fluorurati è ancora troppo elevata: nel 2012 sono state immesse sul mercato circa 10.600 tonnellate di gas refrigeranti, con un potenziale effetto serra di 250 milioni di tonnellate equivalenti, il 50% circa del totale delle emissioni di gas serra annuali a livello nazionale. A seguito di tutto ciò sono entrate ufficialmente in vigore negli ultimi anni diverse normative che impediscono l'uso di gas ad elevato impatto ambientale, a favore di nuovi gas che riducono di circa un terzo le emissioni inquinanti. Infatti i refrigeranti moderni sono molto meno inquinanti rispetto ai fluidi

utilizzati non molto tempo fa, e molto si sta facendo per produrre gas che risultino innocui a livello ambientale, pur garantendo prestazioni elevate a livello frigorifero.

A tal proposito sono stati definiti alcuni parametri che permettono di identificare il contributo che gli stessi hanno sul riscaldamento globale. Gli indici sono i seguenti:

- Il GWP (Global Warming Potential), che considera il contributo dovuto al solo refrigerante sull'effetto serra, quando esso si disperde nell'atmosfera. Il GWP si riferisce al potenziale di riscaldamento dell'anidride carbonica (CO₂) assunto pari ad 1.
- L'HGWP (Halocarbon Global Warming Potential), un parametro simile al precedente ma riferito al potenziale di riscaldamento dell'R11, assunto pari ad 1, anziché a quello della CO₂.

APPARECCHIATURE	TIPOLOGIA DI F-GAS	DATA LIMITE
Frigoriferi e surgelatori commerciali (ermetici)	F-Gas con GWP > 2.500	dal 1/1/2020
Frigoriferi e surgelatori commerciali (ermetici)	F-Gas con GWP > 150	dal 1/1/2022
Impianti fissi di refrigerazione	F-Gas con GWP > 2.500	dal 1/1/2020
Impianti centralizzati per uso refrigerazione commerciale con capacità > 40kW*	F-Gas con GWP > 150	dal 1/1/2022
Condizionatori portatili (ermetici)	F-Gas con GWP > 150	dal 1/1/2020
Condizionatori residenziali con carica gas < 3kg (mono, dual, trial)	F-Gas con GWP > 150	dal 1/1/2025

In realtà, l'AFEAS (Alternative Fluorocarbon Environmental Acceptability Study), così come anche molti altri ricercatori, considerano questi parametri insufficienti per descrivere il contributo totale dei refrigeranti sull'effetto serra. Entrambi gli indici non valutano in termini assoluti quanto un determinato fluido possa inquinare durante tutte le fasi della propria vita, dalla produzione fino ad arrivare allo smaltimento dello stesso a fine vita. In tali indici, infatti, non vengono considerate le emissioni di CO₂ a monte, ossia la quota parte di inquinanti immessi in atmosfera nelle fasi produttive degli stessi, oltre che l'impatto ambientale che si ha nella produzione di energia elettrica necessaria per il funzionamento delle stesse macchine che utilizzano i refrigeranti.

Sicuramente una delle prime domande che ci vengono in mente quando ci si appresta ad acquistare oppure a cambiare il nostro frigo, è quanto consuma. I consumi legati a questo elettrodomestico sono da sempre una delle prime cose che valutiamo prima dell'acquisto. Questo perché si tratta di un grosso elettrodomestico che di conseguenza è caratterizzato da consumi di una certa importanza. Il frigorifero è in effetti uno degli elettrodomestici che si trova praticamente in ogni casa, inoltre viene tenuto acceso e funzionante 24 ore al giorno, senza interruzione. I Fattori da valutare sono:

- **Dimensioni.** La grandezza del modello che si ha intenzione di acquistare è un fattore importante per il calcolo del consumo, in quanto influisce sul tipo di consumi che verranno registrati. In generale possiamo affermare che, a parità di classe di efficienza, un frigorifero di dimensioni maggiori andrà ovviamente a consumare di più di un modello di dimensioni più piccole. E' ovvio che le dimensioni vanno scelte non solo sulla base dei consumi che si andranno a registrare, ma anche sulla reale esigenza. Una famiglia numerosa dovrà necessariamente scegliere un frigo con capacità più elevata di una coppia.
- **Capacità di raffreddamento.** Un frigorifero dotato di una capacità di raffreddamento più elevata consumerà meno di un frigorifero con capacità di raffreddamento ridotta. Un qualsiasi frigorifero, quando viene aperto per inserire del cibo al suo interno, si attiva per raffreddarlo più rapidamente. Di conseguenza un modello dotato di maggiore capacità di raffreddamento sarà in grado di ridurre i costi legati all'energia sfruttata.
- **Stabilità della temperatura.** Un frigorifero che sia in grado di mantenere costante la temperatura nonostante eventuali variazioni climatiche o ambientali, sarà anche in grado di ridurre i costi legati ai consumi.

È inoltre necessario effettuare la manutenzione del frigorifero, che comprende una serie di interventi, tra cui la ricarica del gas presente all'interno dell'impianto di refrigerazione. Non c'è un lasso di tempo standard entro cui ricaricare il gas del frigorifero, tutto dipende dalla tenuta dei raccordi e quindi anche della qualità di fabbricazione del frigo stesso. In media, ogni 10 anni si iniziano a notare alcuni malfunzionamenti derivanti dalla mancanza di gas refrigerante. Dopo aver provato a sbrinare il frigo, se continua a non raffreddare correttamente gli alimenti, ci si può trovare a dover ricaricare il gas. A volte pulire e sbrinare correttamente il frigo non è sufficiente per ottenere la giusta temperatura, infatti se un frigo non raffredda adeguatamente potrebbe significare che il gas al suo interno è terminato. La procedura di ricarica del gas può anche essere effettuata autonomamente ma necessita l'acquisto di determinati strumenti quali cacciaviti, raccordi in rame, brugole e tubi d'acciaio oltre ovviamente alla nuova bombola del gas che si vuole sostituire. Inoltre è richiesta anche un po' di manualità nell'effettuare queste operazioni, per questo la maggior parte delle persone si affidano ad un tecnico professionista che implica un ulteriore dispendio di denaro; oppure acquistano direttamente un nuovo prodotto.

Il prezzo della ricarica del gas del frigorifero si aggira intorno ai 120 euro, a seconda del tempo e del tipo di intervento. Bisogna considerare che si tratta di un'operazione da non sottovalutare assolutamente, in quanto se non mantenuto correttamente può causare un aumento dei consumi energetici, essendo il frigo uno degli apparecchi più potenti all'interno della casa. È importante quindi che funzioni senza problemi o difetti, rinfrescando i cibi e le bevande al punto giusto. Soltanto in questo modo si possono evitare sprechi di energia, inoltre sarà possibile riporre gli alimenti all'interno di un ambiente in grado di garantire la giusta conservazione e freschezza, onde evitare sprechi alimentari ed economici. Infine un piccolo accorgimento consiste nel ricordarsi di spegnere sempre il frigorifero qualora non dovesse servire, uno stratagemma che permette di preservare il gas refrigerante e tutte le componenti elettriche e meccaniche.

Quindi quanto consuma un frigorifero al giorno? Come detto in precedenza, rispetto ad altri elettrodomestici un frigo non riposa mai, rimane acceso infatti 24 ore su 24. Si stima che in genere una potenza compresa tra i 100 e i 300 Watt si traduca in un consumo di circa 100-240 Watt all'ora. Entrando più nel dettaglio se vogliamo sapere quanti kW consuma un frigorifero classe G giornalmente, basta procedere con un semplice calcolo.

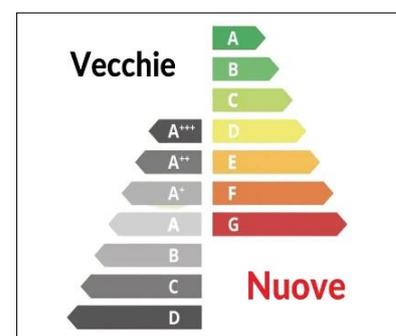
Immaginando che consumi in media 100 Watt all'ora:

energia totale consumata in un giorno: $100 \text{ W} \times 24 \text{ h} = 2400 \text{ Wh} = 2,4 \text{ kWh}$. Se vogliamo invece calcolare il consumo annuo: $2,4 \text{ kWh} \times 365 \text{ giorni} = 876 \text{ kWh}$

Per capire quale sarà l'impatto sulla bolletta è sufficiente moltiplicare questo dato per il costo dell'energia elettrica stabilita dal fornitore. Con una tariffa di 0,34 €/kWh la spesa sarà di circa 300 euro l'anno. Un frigorifero di classe A, quelli attualmente maggiormente in circolazione in base alle nuove classi energetiche hanno consumi compresi tra i 344 kWh e i 188 kWh.

Frigidocongelatori, consumo max in kWh/anno, Regolam. UE/1060/2010									
volume	A+++	A++	A+	A	B	C	D	E	F
200 litri	114	171	218	285	388	492	570	647	777
250 litri	126	189	240	314	429	543	629	715	858
300 litri	138	206	263	344	469	594	688	782	938
350 litri	149	224	285	374	509	645	747	849	1019
400 litri	161	242	308	403	550	696	806	916	1099
450 litri	173	260	330	433	590	747	865	983	1180
500 litri	185	277	353	462	630	798	924	1051	1261
550 litri	197	295	376	492	671	849	984	1118	1341

Nel 2021 sono cambiate le etichette energetiche per i frigoriferi, e se facciamo un confronto tra le vecchie classi e le nuove classi guardando esclusivamente all'indice di efficienza energetica sembra che non ci siano stati grossi cambiamenti. In realtà il cambio nel modo in cui vengono calcolate queste classi ha portato frigoriferi che prima erano in classe A+, quindi con un consumo di circa 240 kWh all'anno, a diventare con le nuove etichette dei veri classe F. Un frigorifero side by side della SMEG, che veniva venduto fino a due anni fa come prodotto di classe A, ha un consumo di 471 kWh e un impatto sulla bolletta annuale per circa 170 euro. Oggi sarebbe in classe G. Le etichette, essendo standard, hanno una serie di parametri prefissati per la misurazione, pertanto il consumo reale potrebbe essere leggermente diverso e varia anche a seconda delle volte in cui viene aperto il frigorifero e dalla quantità di cibo che c'è all'interno.



Facendo successivamente un confronto di massima partendo dalle vecchie tabelle che si riferiscono ad un frigo-congelatore di libera installazione con sistema di raffreddamento di tipo statico, da 300 litri, di cui 200 per cibi freschi e 100 per cibi congelati, possiamo vedere quanto consuma il frigorifero "modello" con le vecchie classi energetiche. Considerando come prezzo dell'energia 0,293 €/kWh (prezzo 2021) ed ipotizzando una tariffa mono-oraria, al netto delle imposte e delle spese di trasporto; ecco quanto consuma il frigorifero "modello" con le vecchie classi energetiche:

(Analisi dati: fonte DDAY.it)

Le vecchie classi energetiche

Classe	Consumo kWh/anno (minimo)	Consumo kWh/anno (massimo)	Spesa minima	Spesa massima
A+++	0	137	0	40,141
A++	138	205	40,434	60,065
A+	206	274	60,358	80,282
A	275	343	80,575	100,499
B	344	468	100,792	137,124
C	469	593	137,417	173,749
D	594	687	174,042	201,291

Le nuove classi energetiche

Classe	Consumo kWh/anno (minimo)	Consumo kWh/anno (massimo)	Spesa minima	Spesa massima
A	0	100	0	29,3
B	101	124	29,593	36,332
C	125	155	36,625	45,415
D	156	194	45,708	56,842
E	195	243	57,135	71,199
F	244	303	71,492	88,779
G	303		88,779	

C'è tuttavia un altro elemento che deve essere preso in considerazione: il frigorifero nuovo costa, e il costo dipende anche dalla classe.

Prendiamo un modello Samsung come esempio, il BRB26705, perché è un frigo congelatore da incasso che ha una capienza di 270 litri, ed è quindi molto vicino come specifiche al frigorifero preso in considerazione per le tabelle sopra. L'altra particolarità di questo frigorifero è la disponibilità di ben 4 diverse versioni che differiscono quasi esclusivamente nella classe energetica, e quindi nel prezzo: BRB26703CWW, BRB26705DWW, BRB26705EWW e BRB26705FWW.

	Classe	Street price	Consumo (kWh)	Costo annuo	Spesa aggiuntiva annua rispetto a classe precedente	Incremento di costo rispetto a classe precedente	Anni per ripagare la differenza
BRB26705FWW	F	650	288	84,384	16,701	124	7
BRB26705EWW	E	774	231	67,683	13,478	156	11
BRB26705DWW	D	930	185	54,205	10,841	119	10
BRB26703CWW	C	1049,00	148	43,364	43,364		

In quest'ultima tabella vengono messi in relazione lo street price dei diversi modelli, il loro consumo da etichetta energetica e il costo di gestione annuo per questi modelli. I modelli sono simili nelle dimensioni, i motori e le coibentazioni (sistema di isolamenti termici) sono differenti e giustificano il risparmio in termini di energia. Questa tabella è utile all'analisi per comprendere la differenza a livelli di prezzo e consumi tra diverse classi energetiche e a vedere se l'acquisto di un frigorifero classe C oggi, rispetto ad un classe F, possa portare ad un risparmio consistente. In realtà, come si può vedere, c'è un costo da sostenere per acquistare i modelli meno dispendiosi energeticamente e questo costo



Frigorifero Samsung BRB26705FWW

viene ammortizzato in circa 10 anni, che è comunque la durata media di un frigorifero. In conclusione, chi ha un frigorifero che secondo le vecchie tabelle energetiche stava in una classe bassa, B, C o D, acquistando oggi un nuovo frigorifero risparmia ogni anno una notevole somma, anche più di 60/70 euro. L'unico dubbio viene quando si tratta di scegliere il nuovo frigorifero da acquistare: i più sostenibili oggi costano quasi il doppio dei modelli in classe F o E, eppure le differenze in termini di consumi, con le nuove classi, sono marginali. Se si fa un discorso puramente etico, quindi non legato al risparmio economico ma all'ambiente, sarebbe bene indirizzarsi verso un modello in classe bassa, anche se serviranno anni per recuperare le poche centinaia di euro che comunque sono richieste oggi per un classe C/D rispetto ad un E/F.

Per contrastare questo insidioso fenomeno d'inquinamento è necessario ridurre le emissioni facendo in modo che impianti e apparecchiature siano installati correttamente, controllati nel funzionamento con cadenza periodica e, al termine del ciclo di vita, i gas refrigeranti siano conferiti ai centri di raccolta autorizzati. Liberare i gas refrigeranti in atmosfera, in luogo di recuperarli, non costituisce solamente un danno ambientale, sanzionato dalla legge, ma anche una perdita economica.

Il recupero e il trattamento dei gas refrigeranti, infatti, possono permetterne il riutilizzo, evitando che si producano refrigeranti nuovi, la cui manifattura è dispendiosa da un punto di vista energetico. Nel 2010 in Italia, stando ai dati forniti dal Servizio rifiuti di Ispra, sono state prodotte 265 tonnellate di CFC, HCFC e HFC da rifiuto, 25 in più rispetto al 2009. La gran parte è stata recuperata in attesa di altre operazioni o trattamenti e 122 tonnellate sono state avviate a riciclo/recupero delle sostanze organiche. Nonostante oggi il 98% dei frigoriferi immessi sul mercato contiene, come fluido refrigerante, gli idrocarburi, dai controlli e dalle analisi eseguite dal Centro di coordinamento Raee e dal consorzio Ecodom risulta che molti apparecchi che finiscono nei centri di raccolta contengono non solo gli HFC (presenti nel circuito refrigerante dell'11% dei frigoriferi raccolti) ma anche i CFC (nel 69% dei casi contenuti sia nel circuito refrigerante che nelle schiume).

Per evidenti ragioni climatiche, l'Italia è tra i maggiori utilizzatori di gas refrigeranti. Assicurare efficienza alla filiera italiana del recupero e della valorizzazione dei refrigeranti di scarto è quindi una

priorità, capace di coniugare la protezione dell'ambiente con uno sviluppo economico ordinato. Da un punto di vista culturale, spesso non vi è consapevolezza di causare un danno ambientale liberando il refrigerante in atmosfera al termine della vita utile degli impianti. Parallelamente, i costi di smaltimento legale di tali rifiuti sono abbastanza elevati anche perché le ridotte quantità avviate allo smaltimento non consentono l'ottimizzazione della filiera. È dunque necessario mettere in campo azioni efficaci fin da subito attraverso il coinvolgimento di tutti i soggetti coinvolti, dai produttori agli installatori e manutentori degli impianti, dagli utilizzatori fino ai soggetti che si occupano della raccolta, recupero e rigenerazione dei gas refrigeranti nel nostro Paese, o ancora meglio, l'introduzione di nuove tecnologie per la produzione del freddo.

Uno studio del Codacons stima che il consumo in bolletta di un semplice frigorifero domestico arriverà a costare 5,16€ al giorno. Prezzi alti che riguardano la stessa sopravvivenza di un nucleo familiare. Vivere low cost è diventato ormai il mantra per intere generazioni, senza distinzione tra quelle che hanno lavorato una vita per godersi la vecchiaia e i giovani che invece devono ancora affacciarsi al mondo del lavoro. La crisi energetica protagonista di questi ultimi mesi del 2022 di certo non contribuisce a far circolare buone notizie.

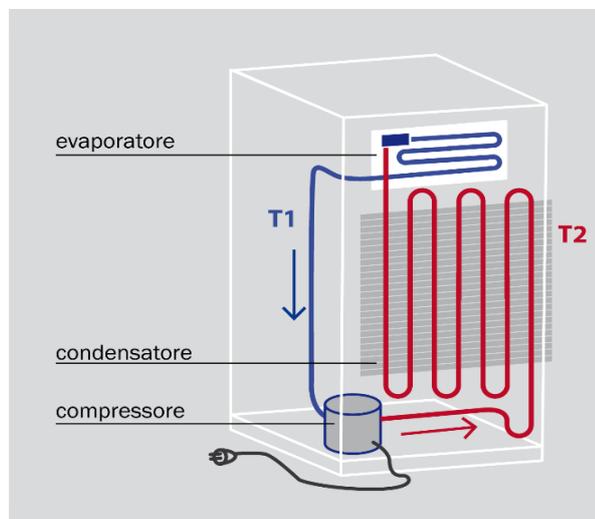
LA TECNOLOGIA

STATO ATTUALE DELLA REFRIGERAZIONE

Come funzionano i frigoriferi attualmente sul mercato?

Il frigorifero è una macchina per trasferire calore, come dice la parola stessa che è una combinazione del sostantivo latino frigor (freddo) e del verbo fero (io porto). Quello che l'etimologia non spiega, è che il trasferimento di calore che si vuole ottenere deve andare in direzione opposta rispetto a quanto spontaneamente avverrebbe in natura, cioè si vuole sottrarre calore da un corpo più freddo (l'aria contenuta nella cella frigorifera) per cederlo ad uno più caldo (l'aria ambiente). È proprio qui che interviene il fisico

tedesco Rudolf Clausius, che già a metà dell'800 stabilì che "una trasformazione il cui unico risultato sia trasferire calore da un corpo avente una data temperatura verso un corpo a temperatura più alta, è impossibile". Questa enunciazione (che è uno dei modi per esprimere il Secondo Principio della Termodinamica), afferma inequivocabilmente che senza immettere una qualche forma di energia nel "sistema frigorifero" non otterremo mai lo scopo che ci prefiggiamo, da cui la necessità di pagare una bolletta per questa energia. L'enunciato di Clausius e quello collegato di Lord Kelvin trovano una spiegazione nella meccanica classica (statistica) grazie al lavoro di Maxwell, Boltzman e Gibbs, e quindi possiamo stare tranquilli che le cose funzionino proprio così, e dobbiamo rassegnarci a pagare il dovuto. I pezzi che servono sono fondamentalmente due: un contenitore che isoli termicamente i due ambienti esterno/interno, per limitare la quantità di calore che fluisce spontaneamente in senso



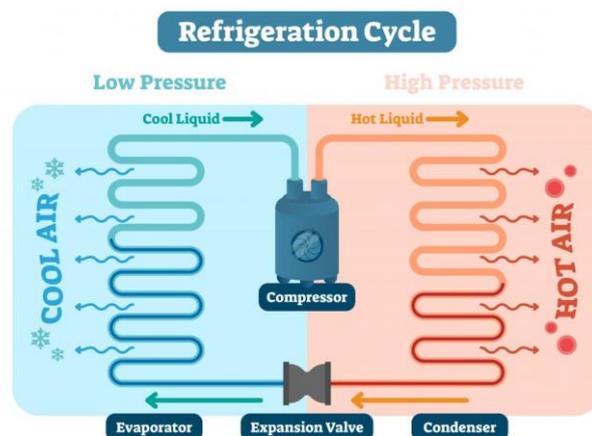
contrario a quello voluto, e un apparato che assorba energia dall'esterno in cambio del lavoro di "sollevamento" del calore da un livello più basso (di temperatura) ad uno più alto. L'idea di base è quella di utilizzare un fluido avente un determinato "stato" iniziale (esprimibile in Pressione, Volume e Temperatura - PVT), di far subire ad esso una serie di "trasformazioni" (cioè di cambiamenti di stato PVT) in modo tale da eseguire un "ciclo", tornando cioè alla condizione (stato) iniziale, così che il processo possa ripetersi, appunto, "ciclicamente". Il ciclo di Carnot descrive nel piano PV un ciclo reversibile composto da due trasformazioni

adiabatiche, che non scambiano calore, e da due isoterme, a temperatura costante: trasforma in lavoro parte del calore di una sorgente a temperatura "alta" T_2 trasferendo la rimanenza alla sorgente "fredda" T_1 . Oppure, eseguendo le trasformazioni in ordine inverso, assorbe lavoro per spostare calore da una sorgente "fredda" T_1 ad una "calda" T_2 , realizzando quindi un frigorifero, almeno in teoria.

I cicli usati in applicazioni pratiche sono necessariamente diversi da un ciclo ideale; uno dei più usati è il ciclo a compressione. Il fluido utilizzato, che spesso è derivato da idrocarburi (Freon, nome commerciale per una varietà di composti) oppure ammoniacca, o anche anidride carbonica o altro, è inizialmente gassoso. Passa attraverso un compressore mosso da un motore (generalmente elettrico) e cambia il suo stato aumentando pressione e temperatura (per un gas perfetto varrebbe $PV=nRT$, con R =costante e n =numero di moli, quindi attraversa una serpentina di raffreddamento (il "condensatore", la griglia esterna nella parte posteriore del frigo, quella che "si scalda"), che sottrae al fluido parte del suo calore e lo trasferisce all'ambiente esterno, che è proprio l'effetto che si vuole ottenere. A questo punto, all'uscita dal condensatore il fluido (ora divenuto liquido, da cui il nome "condensatore") passa in un serbatoio. All'uscita di questo serbatoio c'è una valvola, comandata dal termostato installato all'interno del frigo, che permette a una quantità controllata di liquido di passare attraverso l'evaporatore, la serpentina che è nella parete interna del frigo, dove cambia nuovamente di stato tornando a quello iniziale di vapore. È proprio durante questo cambiamento di stato da liquido a vapore che avviene il trasferimento di calore dalla camera interna del frigo al fluido stesso: adesso il ciclo può ricominciare, e il calore assorbito dal fluido verrà trasferito all'esterno attraverso il condensatore, come visto in precedenza. Quindi in sostanza il moderno frigorifero funziona secondo il principio per cui un liquido evaporando assorbe calore, il gas si forma assorbendo calore e raffreddando il liquido. Poiché il calore fluisce da corpi più caldi a corpi più freddi, un liquido in evaporazione raffredda i corpi a contatto con esso.

I componenti chiave per il ciclo di raffreddamento di un frigo sono dunque essenzialmente quattro. Innanzitutto la serpentina facilmente visibile nel retro del frigorifero, chiamata condensatore, serve a rinfrescare il fluido refrigerante (il vero operatore del freddo del frigorifero). Esiste poi una seconda serpentina, detta evaporatore, che invece si trova all'interno del frigorifero: qui è dove il fluido refrigerante raffredda effettivamente la cavità. Vicino all'evaporatore, proprio al suo ingresso, si trova la valvola di espansione, responsabile del drastico raffreddamento del fluido refrigerante.

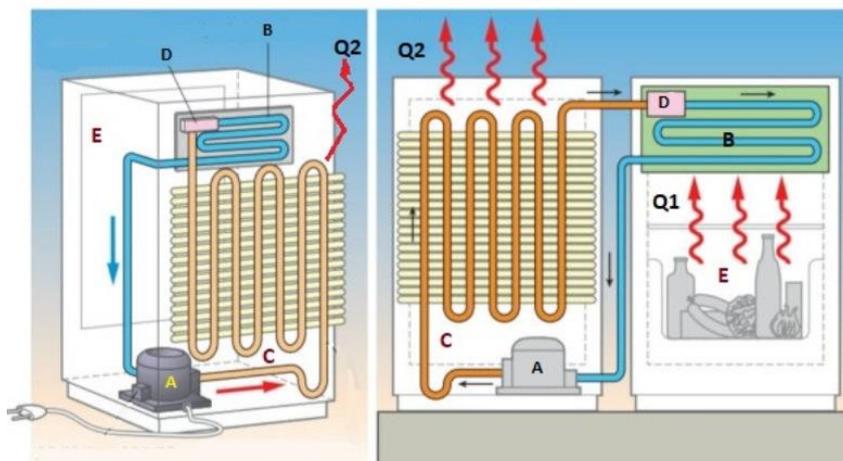
Infine, alla base del frigo troviamo un piccolo compressore, che invece ha il compito di preparare le condizioni iniziali del fluido, in modo che possa essere poi effettivamente refrigerante.



Come nei forni, anche il frigo ha un termostato: lo strumento che assicura che nel frigo ci sia la temperatura giusta. Se infatti la temperatura aumenta rispetto al livello impostato, il termostato lo rileva e il compressore entra in funzione e comincia il ciclo frigorifero. Ossia: il compressore pompa il fluido refrigerante solo se il termostato sente che la temperatura dentro il frigo è in aumento. Ecco perchè quando apriamo spesso la porta del frigo o inseriamo un alimento ancora caldo parte un ronzio: è il compressore che inizia a lavorare.

Oltre al ciclo frigorifero a compressione ha impiego relativamente diffuso il ciclo frigorifero ad assorbimento in cui si sfrutta il calore di dissoluzione di un soluto in un solvente (generalmente acqua) che viene ciclicamente concentrato e diluito. Il ciclo ad assorbimento non consente il raggiungimento di temperature particolarmente basse; è molto impiegato nei casi in cui si disponga di calore di esubero (cogenerazione) o in mancanza di energia elettrica necessaria all'azionamento del compressore. Il soluto di norma è il bromuro di litio o ammoniaca. Malgrado la relativa complicazione, il ciclo frigorifero ad assorbimento è stato ideato prima di quello a compressione, e si deve a Ferdinand Carré. Il funzionamento del frigorifero si basa sul principio secondo il quale un gas, quando viene compresso (diminuzione di volume), si riscalda e quando si espande (aumento di volume) si raffredda; ciò che avviene nel circuito refrigerante è proprio un ciclo continuo di compressione e successiva espansione a cui viene sottoposto il fluido refrigerante.

Che si tratti di un modello a libera installazione oppure ad incasso, bisogna valutare anche la tipologia di raffreddamento, cioè il modo in cui viene prodotto il freddo per la conservazione degli alimenti all'interno del vano frigo e del congelatore. Fino a qualche tempo fa esisteva solo il frigo statico, ovvero un circuito di raffreddamento in cui un compressore spinge e muove il gas refrigerante all'interno dei comparti finché non viene raggiunta la temperatura desiderata, proprio come spiegato in precedenza nel modo più essenziale possibile.



Oggi, nonostante il principio di funzionamento frigorifero di base sia rimasto lo stesso, questo meccanismo si è evoluto notevolmente venendo quindi preferito da altre tecnologie di refrigerazione: accanto ai frigo classici di tipo statico troviamo, infatti, i frigo No Frost (Partial e Total) e i frigoriferi ventilati. I frigoriferi con raffreddamento ventilato o cosiddetto dinamico funzionano esattamente come i modelli statici, con l'aggiunta di una ventola nel frigo, che contribuisce a "muovere" l'aria fredda in modo omogeneo, così da rendere la temperatura il più uniforme possibile

su tutti i ripiani per una conservazione ottimale dei cibi. Il problema principale di questa tipologia di frigo rispetto a un frigorifero No Frost è legato alla formazione della brina, causata dalla congelazione dei vapori acquei che provengono dagli alimenti e dall'aria che inevitabilmente entra ogni volta che apri la porta dell'elettrodomestico.

PREGI:

- L'umidità favorisce una conservazione ottimale dei cibi;
- Il sistema ventilato è consigliato a chi fa largo consumo di determinati alimenti delicati e ricchi di acqua, come le verdure, l'insalata e la frutta fresca.

DIFETTI:

- È necessario uno sbrinamento manuale periodico (una o due volte all'anno) per eliminare il ghiaccio nel frigo che si forma sui ripiani e sulle pareti, a causa del congelamento dei vapori degli alimenti;
- La brina, se non viene prontamente rimossa, può creare uno strato isolante lungo le pareti dell'elettrodomestico che ne impedisce il buon funzionamento;
- La formazione di ghiaccio diminuisce lo spazio interno utilizzabile;
- La formazione di ghiaccio provoca un incremento del consumo elettrico (per questo motivo, è sempre bene considerare l'etichetta relativa alla classe di efficienza energetica del frigo).

Nei frigo No Frost il meccanismo di raffreddamento è completamente diverso. Il termine inglese significa letteralmente "No ghiaccio" e si riferisce al fatto che questi apparecchi non producono brina. Di conseguenza, non hanno bisogno di essere sbrinati periodicamente. Infatti, sono caratterizzati dalla presenza di un motore affiancato da un evaporatore e da un particolare sistema di trattamento dell'aria in grado di eliminare l'umidità, impedendo così la formazione sia di brina che di muffe e cattivi odori legati agli alimenti. Il sistema di raffreddamento No Frost può essere parziale (Partial No Frost o Frost Free) o totale (Total No Frost): nel primo caso interessa soltanto il congelatore (il frigo infatti è ventilato), nel secondo caso sia il congelatore che il frigo.

PREGI:

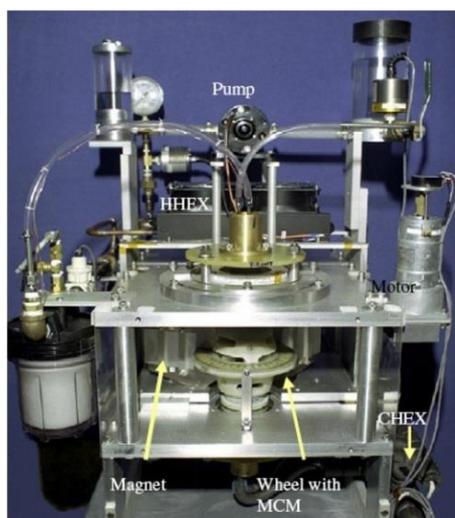
- Non essendoci variazioni termiche, la temperatura interna è omogenea in ogni scomparto del frigo. Ad esempio, quando si chiude la porta, il sistema ristabilisce in modo molto veloce il livello di freddo precedente all'apertura del vano;
- Non è necessaria una sbrinatura manuale periodica;
- In assenza di umidità c'è una maggiore igiene all'interno del frigo, in quanto non si creano muffe, batteri o cattivi odori;
- Risparmio in termini di consumi di energia elettrica.

DIFETTI:

- A causa del freddo "secco", i cibi tendono ad asciugarsi eccessivamente. Per mantenerli umidi e allungare il loro periodo di conservazione, il consiglio è di riporli all'interno di appositi contenitori o pellicole.
- Il sistema No Frost è indicato per chi consuma pochi alimenti freschi.

IL FUTURO DEL FRIGORIFERO

Qual è quindi l'opzione migliore per il raffreddamento? È difficile se non impossibile trovare il frigo perfetto e infallibile perché ancora lo devono inventare. Si può però identificare quale tipologia si accorda al meglio con le proprie abitudini alimentari o di vita. A livello di consumi e inquinamento, comunque, il problema persiste. A questo punto la domanda sorge spontanea: esiste una nuova soluzione capace di risolvere questa dinamica? È possibile sostituire il raffreddamento tramite gas refrigeranti a favore di una nuova tecnologia?

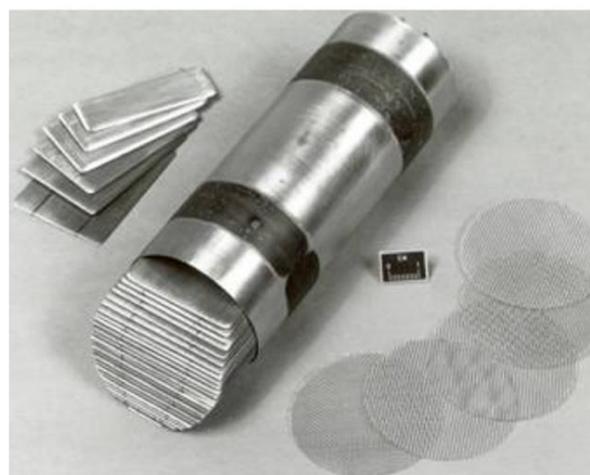


Prototipo Ref. Magnetica rotante

Oramai abbiamo stabilito che il punto debole dei classici frigoriferi è il fluido refrigerante: alcuni, come l'ammoniaca (NH₃) o l'anidride solforosa (SO₂), sono molto tossici, altri sono infiammabili, come il butano (C₄H₁₀). Ci sono, poi, più moderne soluzioni, come i clorofluorocarburi, o CFC, che non sono pericolosi per l'uomo, ma dannosi per lo strato di ozono (O₃). Lo stesso si può dire per alcune varianti dei CFC, i cosiddetti HFC (idrofluorocarburi), che, però, si sono rivelati potentissimi gas serra, 10-30 mila volte più della anidride carbonica (CO₂). E anche i consumi elettrici di un frigorifero non sono bassi: un modello in classe A+ consuma circa 1 kWh l'anno per ogni litro di volume raffreddato.

La crescente domanda di sistemi di riscaldamento sostenibile dal punto di vista energetico e il boom del mercato dei condizionatori d'aria creano la necessità di nuove soluzioni di riscaldamento e raffreddamento convenienti. Attualmente, le pompe di calore a compressione di vapore dominano questo mercato. Tuttavia, questi sistemi convenzionali presentano alcune limitazioni. Nuovi sistemi innovativi basati su diversi effetti calorici, come l'effetto magnetocalorico, hanno il potenziale per superare questi limiti. Negli ultimi anni sono stati costruiti e testati con successo diversi prototipi di pompe di calore magnetocaloriche. Mostrano prestazioni molto promettenti simili a quelle dei sistemi convenzionali. Tuttavia, sono necessarie ulteriori attività di ricerca e sviluppo prima che diventino effettivamente competitivi. Di refrigerazione magnetica, in realtà, si parlava già da anni, ma solo recentemente ne sono usciti dei prototipi.

I sistemi di refrigerazione magnetica si basano sulle proprietà di materiali (solidi anziché fluidi), che aumentano o diminuiscono la loro temperatura per effetto dell'applicazione e rimozione di un campo magnetico. Essi, infatti, sono chiamati "magnetocalorici". Se questi materiali vengono



Lamelle di Gadolinio (materiale magnetocalorico)

esposti a un campo magnetico, si magnetizzano; se ne sono sottratti, invece, assorbono calore per tornare allo stato smagnetizzato, raffreddando l'ambiente circostante (effetto magnetocalorico: un oggetto si riscalda, se esposto a un campo magnetico, mentre si raffredda quando l'esposizione termina).

Negli ultimi 100 anni, il modo in cui il frigorifero ha conservato il cibo è stato radicato nella tecnologia che risale alla metà del 1800, ma questo sta per cambiare. Il prossimo passo avanti nella tecnologia della refrigerazione domestica è la refrigerazione magnetica. La tecnologia non utilizza refrigeranti o compressori ed è il 30% più efficiente di quella utilizzata oggi. Inoltre, la tecnologia può essere applicata ad altre applicazioni a pompa di calore come HVAC e ha il potenziale per avere un impatto su quasi il 60% del consumo energetico medio delle famiglie. Oggi i sistemi a refrigerazione magnetica non sono ancora in vendita, ma è una questione di pochi anni. Da più di 10 anni i principali centri di ricerca del mondo stanno studiando prodotti in grado di supportare questa tecnologia. La sfida è riuscire a inserire questo meccanismo nella quotidianità delle persone, eliminando le soluzioni altamente inquinanti. I refrigeratori magnetici portano inoltre a una drastica riduzione dei prezzi delle bollette. Grazie al sistema magnetico i consumi vengono dimezzati anche se la potenza dell'elettrodomestico rimane invariata. Mentre un frigorifero tradizionale consuma sui 1500W al giorno, con i materiali magnetocalorici si raggiungono al massimo i 700W e soprattutto, viene portato praticamente a zero l'utilizzo dei gas refrigeranti.



1cm³ di Gadolinio sottoposto a effetto magnetico

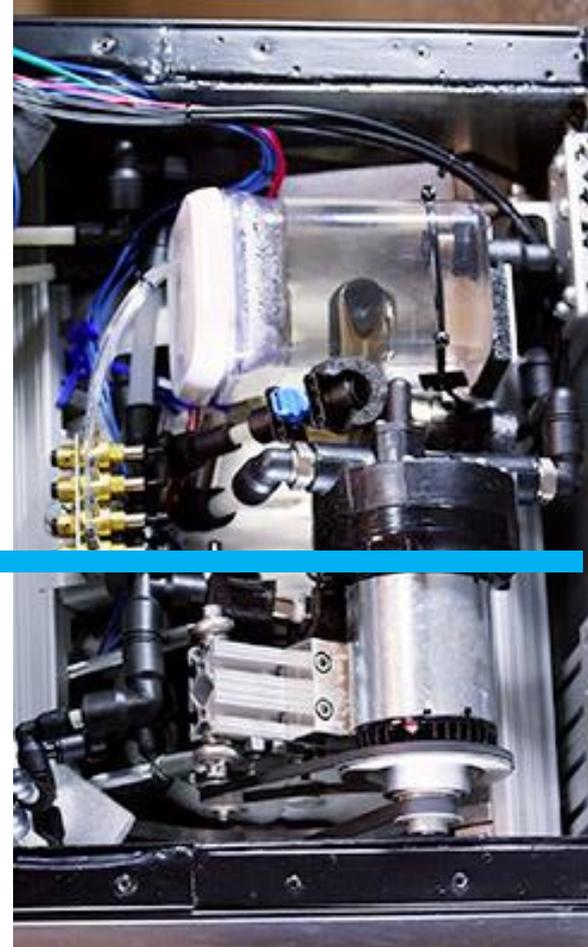


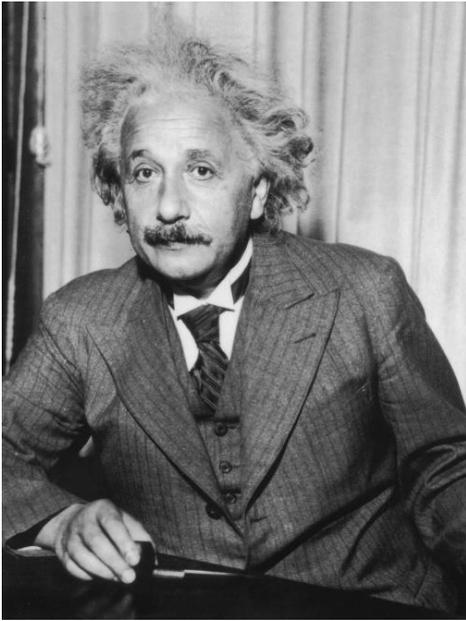
1cm³ di Gadolinio rimosso dai magneti

LA REFRIGERAZIONE MAGNETICA

STORIA E SVILUPPO DELLA TECNOLOGIA

La battaglia per la salvaguardia della Terra passa anche per il nostro frigorifero. Il primo ad averlo capito potrebbe essere stato il premio Nobel Albert Einstein, quando, nel lontano 1930, brevettò assieme al collega Leo Szilard un primo modello di frigo senza freon. Questo gas fa parte di una famiglia di composti chimici, i clorofluorocarburi (Cfc), giudicati dannosi per l'uomo e l'ambiente. Si racconta che i due furono motivati dalla notizia che una famiglia berlinese che fu uccisa dalla rottura di una giuntura del loro frigorifero che diffuse fumi tossici nella loro casa (a causa della presenza di ammoniaca). Einstein e Szilard cominciarono a pensare a un dispositivo senza parti in movimento, che avrebbe eliminato il rischio di rottura e di usura. Il nuovo frigorifero non aveva parti mobili e funzionava a pressione costante usando solo una fonte di calore, acqua, ammoniaca e butano. Il progetto di Albert Einstein è ritornato d'interesse da quando sono stati messi al bando i gas refrigeranti dannosi per la fascia di ozono e con la crescente necessità di utilizzare energie alternative. Una delle caratteristiche fondamentali del Frigo di Einstein è l'assoluta silenziosità e la durata perchè privo di meccanismi che con il tempo potrebbero logorarsi (ad esempio i compressori). Inoltre, funziona anche quando non vi è la possibilità di allacciarsi alla rete elettrica.





Lo studio della refrigerazione magnetica, tuttavia, cominciò effettivamente nel 1881 quando Warburg per primo osservò l'effetto magnetocalorico. I fenomeni fisici che governano questo effetto furono spiegati da Weiss e Piccard nel 1918, questo permise di realizzare le prime applicazioni nel 1926 con Debye e nel 1927 con Giacque, che riuscirono a raggiungere temperature inferiori a quelle dell'elio liquido. Nel 1933 Giacque e MacDougall riuscirono a raggiungere sperimentalmente 1 grado Kelvin. Tutti questi usarono come materiale sali paramagnetici di terre rare. Da quegli anni in poi questa tecnologia è stata usata solo per la refrigerazione criogenica fino a quando, nel 1976, Brown ottenne la prima applicazione a temperatura ambiente. Brown ci riuscì usando il gadolinio, un materiale che manifesta ottime

proprietà magnetocaloriche a temperatura ambiente e usando dei superconduttori per raggiungere elevati campi magnetici. La scoperta di Pecharsky e Gschneidner nel 1997 di nuovi materiali con buone prestazioni magnetocaloriche a temperatura ambiente e la sostituzione dei magneti superconduttori con quelli permanenti nel 2001 ad opera della americana Astronautics Corporation, rinnovò l'interesse degli scienziati, dei ricercatori e delle aziende in tutto il mondo. Da quel momento si è avuto un grande incremento nel numero di pubblicazioni e di brevetti riguardanti sia i materiali magnetocalorici che i prototipi di refrigeratori magnetici. Le ricerche nel campo del riscaldamento magnetico e della conversione dell'energia sono oggi ancora molto rare, tuttavia iniziano a svilupparsi sempre di più. L'impegno maggiore si registra nel campo della refrigerazione magnetica applicata ad apparecchi domestici, con dispositivi di potenza che vanno da 50 fino a 100 watt. Fino a oggi sono stati costruiti circa quaranta prototipi di tali apparecchiature ed alcune aziende specializzate hanno iniziato la fase di progettazione delle linee per la produzione di frigoriferi magnetici, che si prevede avranno un rendimento superiore a quello dei loro omologhi funzionanti con tecnologia convenzionale. Sebbene la MCE (magneto caloric effect) sia un concetto in circolazione da molti anni, nel 2006 *General Eletrics* ha iniziato a esplorare la tecnologia per la refrigerazione domestica. Un team di ricercatori GE ha iniziato da zero per dimostrare che la tecnologia potrebbe essere applicata al mondo reale della refrigerazione domestica e continuare a funzionare in modo efficiente. Dopo cinque anni di analisi e test, sono stati in grado di ottenere l'effetto di raffreddamento desiderato.

Ad oggi secondo gli scienziati, dal punto di vista delle prestazioni la tecnologia sembra già matura per utilizzi a livello domestico che richiedono un limitato salto termico, come cantinette o raffrescatori d'aria. Gli ostacoli da superare sono fra tutti la necessità di campi magnetici elevati e di materiali magnetocalorici più prestanti del gadolinio, elemento attualmente usato. Resta inoltre da superare il fattore prezzo, che però rimarrà elevato fino a che non si creerà un'offerta che lavori sui grandi numeri. Ma nonostante le difficoltà da superare, secondo il ricercatore italiano Fabbrici, il futuro della refrigerazione magnetica è abbastanza roseo: "Le restrizioni antinquinamento sempre più severe potrebbero far pendere la bilancia della convenienza verso questa tecnologia. I prodotti

di nicchia, quelli ad alto margine di guadagno, saranno probabilmente il punto di ingresso della refrigerazione magnetica sul mercato”.

IL FUNZIONAMENTO

La refrigerazione magnetica si basa quindi sull'impiego di leghe magnetocaloriche, il materiale utilizzato ad oggi è il Gadolinio. Un frigorifero magnetico è composto da un liquido termoreattore e da magneti. Facendo aumentare la potenza del campo magnetico, i materiali magnetocalorici allineano gli atomi e perdono calore verso l'esterno. Bloccando il campo magnetico, si torna allo stato iniziale, quindi la lega cerca calore dal fluido. Estrahendo calore dal liquido, solitamente acqua, lo raffredda e crea un effetto refrigerante.

Se questo processo viene ripetuto continuamente è più semplice ottenere temperature molto basse in modo rapido ed ecologico. Grazie a questa nuova tecnica il frigorifero magnetico è in grado di raggiungere i duecento gradi sotto lo zero. Il principio di funzionamento si svolge in questo modo: Alcuni cilindri contengono un metallo come il gadolinio. Il campo magnetico applicato eleva la temperatura del materiale magnetico. Al di fuori del campo magnetico, il materiale raffredda. Questo effetto magnetocalorifero produce una variazione della temperatura da 0,5 a 2C. per un cambiamento del campo di 1 Tesla alla temperatura ambiente. In un refrigeratore magnetico ad uso domestico, due cilindri che contengono del gadolinio passano alternativamente in un campo magnetico alto e in uno basso. Un circuito d'acqua assorbe il calore emesso da questo materiale magnetico. Il flusso dell'acqua costituisce un sistema di refrigerazione. Gli additivi aggiunti all'acqua permettono di scendere al di sotto di 0C.

L'effetto magnetocalorifico cresce con l'aumentare dell'intensità del campo magnetico. Questa tecnologia necessita di campi magnetici intensi e della presenza di superconduttori, che sono sistemi complessi e dispendiosi dal punto di vista energetico. In questo modo, il rendimento sembra non essere sufficiente alla realizzazione di applicazioni commerciali, però le ultime ricerche hanno ottenuto riscontri positivi utilizzando calamite permanenti che sostituiscono i materiali superconduttori che funzionano a temperature molto basse: le calamite permanenti sono meno ingombranti e non consumano energia. Quelle più utilizzate sono le leghe Nd-Fe-B. Il principio fisico su cui si basa il funzionamento di un refrigeratore magnetico è analogo al principio di funzionamento di un refrigeratore convenzionale. Nel primo passo del processo invece che la compressione del refrigerante si ha una lega magnetocalorica – che rappresenta il refrigerante dell'impianto di refrigerazione magnetico – che viene mossa all'interno di un campo magnetico (il campo magnetico aumenta, passo numero 1). In entrambi i casi il refrigerante si surriscalda e deve essere raffreddato mediante l'estrazione di calore (passo numero 2). In seguito il campo magnetico nella lega magnetocalorica diminuisce di nuovo. Questo processo, passo numero 3, è analogo al processo di espansione in un refrigeratore convenzionale. Normalmente il materiale metallico lascia il campo magnetico, in modo che esso scenda al valore di 0 Tesla dal lato freddo (passo numero 4). Questa diminuzione nel campo magnetico porta ad un effetto frigorifero. In questo frangente il materiale magnetocalorico viene posto a contatto con la sorgente di calore, che si raffredda, dando luogo ad un processo frigorifero. Se questi quattro passi vengono applicati in maniera ripetitiva, si ottiene una macchina frigorifera magnetica ciclica.

Passo del processo	Proc. fisico sistema tradizionale	Proc. fisico sistema magnetico
1	Compressione	Aumento del campo magnetico
2	Rigetto del calore	Rigetto del calore
3	Espansione	Riduzione del campo magnetico
4	Acquisto di calore	Acquisto di calore

Il metodo considerato più efficace per eseguire questo processo ciclico avviene tramite un movimento rotatorio dei componenti.

Fase 1: **Magnetizzazione adiabatica**

La prima fase consiste nella "magnetizzazione adiabatica". Il materiale, inserito in un ambiente isolato, viene accoppiato ad un refrigeratore e sottoposto ad un campo magnetico che induce l'allineamento dei dipoli magnetici degli atomi (i domini magnetici si orientano quindi tutti allo stesso modo), la vibrazione delle molecole si incrementa, il materiale si scalda. Conservandosi l'energia, l'aumento di temperatura avviene perché si riduce l'entropia e la capacità termica del materiale (ovvero l'attitudine ad accumulare calore).

Fase 2: **Trasferimento entalpico isomagnetico**

Nella seconda fase si ha un "trasferimento entalpico isomagnetico", il calore ottenuto viene prelevato mediante un fluido che evolve attraverso il refrigeratore. Durante questa fase il campo magnetico applicato non cambia, ciò per impedire che i dipoli magnetici possano riassorbire calore. Una volta che il materiale è stato sufficientemente raffreddato (dal fluido che evolve nel circuito) viene separato dal refrigeratore.

Fase 3: **Demagnetizzazione adiabatica**

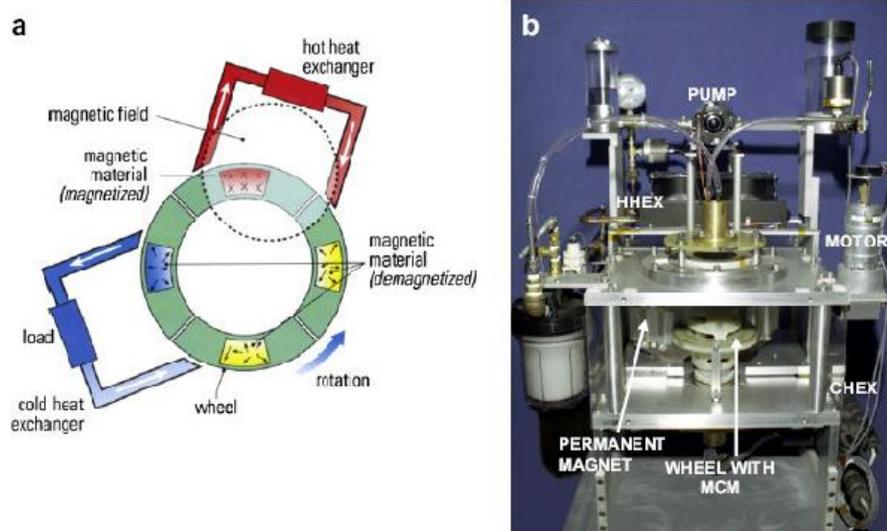
La terza fase, detta di "demagnetizzazione adiabatica", prevede una riduzione del campo magnetico mantenendo la sorgente isolata dall'ambiente esterno (trasformazione adiabatica). I dipoli magnetici si orientano casualmente, la vibrazione delle molecole si riduce ed il materiale si raffredda. L'energia (e l'entropia) è trasferita da entropia termica a magnetica (ovvero disordine dei dipoli magnetici).

Fase 4: **Trasferimento entropico isomagnetico**

Nella quarta ed ultima fase ha luogo il "trasferimento entropico isomagnetico", il campo magnetico è mantenuto costante per impedire al materiale di scaldarsi e la lega magnetocalorica (che è stata raffreddata ad una temperatura inferiore a quella ambiente) viene posta a contatto con l'ambiente caldo per asportare il suo calore raffreddandolo.

All'atto pratico quindi, queste fasi vengono ottenute generalmente con sistemi assiali azionati da un motore elettrico che mette in rotazione un albero sul quale è posto il magnete che andrà ad avvicinarsi e ad allontanarsi ciclicamente dal materiale ferromagnetico. L'entità dell'MCE del materiale magnetico è fondamentale per la potenza di raffreddamento, a temperatura ambiente o anche inferiore. Lo sviluppo di questa tecnologia dipende sostanzialmente da una migliore selezione del materiale, dal tipo di magnete e dalla progettazione ottimale dei dispositivi di raffreddamento.

COMPARAZIONE DELLE TECNOLOGIE



La tecnologia di refrigerazione magnetica presenta come detto anticipatamente molti vantaggi, che possono essere riassunti come segue: Grazie all'uso di materiali magnetici come refrigeranti, viene utilizzata una tecnologia di refrigerazione rispettosa dell'ambiente, che non produce gas dannosi per l'ozono o inquinamento di gas serra. I materiali magnetici hanno un valore di densità entropica maggiore rispetto ai gas refrigeranti, per questo richiedono minore energia. Il MagnetoCaloricEffect può essere fornito da elettromagneti, superconduttori o magneti permanenti, che non necessitano di elevate velocità di rotazione, vibrazioni meccaniche, rumore, bassa stabilità o brevi durate per funzionare correttamente. L'efficienza dei sistemi di refrigerazione magnetica può essere del 30–60% del ciclo di Carnot [1], a differenza del 5–10% delle tecnologie di refrigerazione convenzionali.

[1]-*Il ciclo di Carnot è un ciclo termodinamico diretto, il più semplice tra due sorgenti termiche. Il ciclo è costituito solo da trasformazioni reversibili: due isoterme e due adiabatiche. Esso è di notevole importanza per la Termodinamica, sia sotto l'aspetto applicativo che teorico. Dal punto di vista applicativo esso stabilisce un limite superiore al rendimento di una macchina termica, note la temperatura massima e minima del fluido di lavoro. Dal punto di vista teorico esso suggerisce la possibilità di definire una scala assoluta di temperatura e una nuova grandezza termodinamica, l'entropia.-*

I risultati in un'area con campo magnetico di 5T [2] dimostrano che è possibile generare fino a 600 W di potenza di raffreddamento e il 60% di efficienza di Carnot, con un COP [3] (coefficiente di prestazione pompe di calore) di circa 15. Tuttavia, a un intervallo di temperatura massimo di 38 Kelvin, la capacità di raffreddamento scende a circa 100 W. In un'area di campo magnetico di 1,5 T, I sistemi MCE forniscono circa 200 W di capacità di raffreddamento. [2]-*Il tesla è un unità di misura del campo magnetico, ossia del campo vettoriale generato nello spazio dal moto di una carica*

elettrica; deve il proprio nome allo scienziato Nikola Tesla. Per rendere chiara l'idea, un campo magnetico di 1 tesla corrisponde al campo magnetico che si origina in una circonferenza formata da un filo elettrico al cui interno scorre una corrente di un milione di ampere, che è sufficiente per illuminare circa duecentomila lampadine da 100 watt. Le risonanze magnetiche usate in campo medico hanno tra i 1,5 e 3 Tesla.- [3]-Il coefficiente di prestazione (traduzione dall'inglese coefficient of performance o COP) indica la quantità di calore immesso (riscaldamento) o asportato (raffreddamento) in un sistema rispetto al lavoro impiegato. È quindi un parametro che rappresenta la bontà di funzionamento di una macchina. Un buon frigorifero ha un COP di circa 6.-

È una tecnologia inoltre esente da manutenzione. Il design della macchina è semplice. Infine, può funzionare al di sotto della pressione atmosferica in alcune applicazioni, come la refrigerazione e gli impianti di condizionamento delle automobili. Perché, allora, questa tecnologia è di difficile applicazione a livello commerciale?

I principali inconvenienti sono i seguenti:

Rispetto alla refrigerazione tradizionale, il costo iniziale dei sistemi di refrigerazione magnetica è elevato. Poiché i materiali magnetocalorici sono costituiti da elementi di terre rare, la loro disponibilità è un problema nell'industria della refrigerazione magnetica. Per i sistemi di refrigerazione magnetica rettilinea e rotante, è necessario effettuare ulteriori ricerche e progettare nuovi materiali per migliorare la reperibilità dei materiali necessari. Le calamite permanenti non consumano energia ma producono campi più deboli (1,5 T). Il laboratorio Ames sta lavorando su di un refrigeratore che utilizza calamite permanenti in grado di creare campi che vanno da 2 a 3 T.

Le potenze fornite con calamite permanenti potrebbero raggiungere valori da qualche centinaia a qualche migliaia di watt e creare campi da 1 a 7 T. Un campo di 7 T potrebbe generare differenze di 16°C tra la zona calda e la zona fredda.

Gli elettromagneti e i magneti superconduttori hanno campi magnetici potenzialmente più forti, tuttavia, sono proibitivi a livello di prezzo e ingombro. Le variazioni di temperatura sono limitate nei sistemi MCE, ma è noto che le macchine multistadio perdono produttività a causa del trasferimento di calore tra le fasi. Poiché si formano degli spazi tra i magneti e il materiale magnetocalorico, i sistemi di refrigerazione magnetica devono essere spostati con cautela per evitare la riduzione del campo magnetico.

[4]-La definizione di magnete è quella di un corpo che genera un campo magnetico. Si definisce magnete permanente un corpo che è stato magnetizzato e crea quindi un proprio campo magnetico autonomo. La più moderna tipologia di magneti permanenti con la maggior forza di attrazione oggi disponibile sono i magneti in Neodimio sinterizzato (NdFeB) sono ottenuti con polveri di Neodimio-Ferro-Boro e offrono il maggior valore di energia rispetto ad ogni altro tipo di magnete oggi sul mercato. Sono disponibili in una vasta gamma di forme, dimensioni e caratteristiche magnetiche, con valori di $(BH)_{max}$ da 220 a 420 kJ/m³ e temperature di esercizio sino a 230°C.

La loro elevata induzione residua (alta forza di attrazione) si accompagna ad una notevole forza coercitiva che significa una elevata resistenza alla smagnetizzazione. I magneti in Neodimio sono

sottoposti a trattamenti di rivestimento superficiale per proteggerli dal processo di ossidazione e sono forniti con il coating più adeguato al loro specifico impiego.

Ci sono diverse difficoltà e sfide, che limitano l'uso della refrigerazione magnetica in alcune applicazioni. Tra queste sfide: c'è bisogno di un materiale magnetico che possieda un grande MCE; è richiesto un forte campo magnetico e, infine sono essenziali comportamenti di rigenerazione e trasferimento di calore eccellenti. Diversi ricercatori hanno studiato le caratteristiche principali dei cicli di refrigerazione magnetica, le prospettive di diversi modelli e la selezione del materiale magnetico per ottenere la massima efficienza.

Confrontando la tecnologia di refrigerazione magnetica con altre tecnologie di raffreddamento ecocompatibili, la seguente tabella evidenzia gli attributi principali delle diverse tecnologie di refrigerazione emergenti, come l'assorbimento solare, la refrigerazione magnetica e la refrigerazione acustica, per identificare i vantaggi, gli ostacoli, gli svantaggi e le analisi delle prestazioni primarie.

	Refrigerazione ad Assorbimento solare	Refrigerazione magnetica	Refrigerazione Acustica
Caratteristica Principale	Generazione del freddo utilizzando calore a bassa temperatura alimentato dall'energia solare.	Generazione del freddo tramite materiali con effetto magnetocalorico (MCE).	Generazione del freddo tramite onde sonore
Vantaggi	<ul style="list-style-type: none"> - Ecosostenibile - Poche parti in movimento - No vibrazioni - No problemi di cristallizzazione - Pochi effetti di corrosione 	<ul style="list-style-type: none"> - Ecosostenibile - Compatto: la densità di entropia magnetica è maggiore dei gas refrigeranti - Non necessita compressori - L'efficienza può raggiungere il 30–60% del ciclo di Carnot - Affidabilità: non essendo presente del gas, è completamente esente da manutenzione - Molto silenzioso - Grande interesse delle aziende verso questa tecnologia 	<ul style="list-style-type: none"> -Ecosostenibile -Bassi costi di produzione -Lunga durata di esercizio -Non necessita compressori in quanto utilizza un motore termoacustico -Utilizza materiali semplici
Svantaggi	<ul style="list-style-type: none"> -Basso COP -Alti costi di produzione 	<ul style="list-style-type: none"> -Alti costi iniziali -Difficoltà nel reperire i materiali magnetocalorici -Il range di variazione di temperatura dei magneti permanenti ottenibile è ristretto -Per evitare la diminuzione del campo magnetico, le macchine in movimento richiedono un elevato 	<ul style="list-style-type: none"> -In paragone con le tecnologie di raffreddamento tradizionali, ha una minore efficienza termica

Svantaggi		livello di precisione; secondo la valutazione del ciclo di vita del frigorifero magnetico (LCA)	
Ostacoli	La bassa efficienza del COP e la potenza di raffreddamento specifica (SCP) del refrigeratore ad adsorbimento ne impediscono la commercializzazione	<ul style="list-style-type: none"> -i materiali magnetici necessitano un elevato MCE -E' necessario un forte campo magnetico -Sono richieste eccellenti caratteristiche di trasferimento del calore 	<ul style="list-style-type: none"> -Non ci sono abbastanza fornitori per i componenti specifici -Poco interesse di investimento delle industrie verso questa tecnologia
Applicazioni	Produzione alimentare, celle frigorifere, vendita al dettaglio e trasporto refrigerato	Sistemi di refrigerazione domestici, sistemi di condizionamento centralizzato, refrigerazione in veicoli spaziali, refrigerazione medica, raffreddamento durante il trasporto, industria e conservazione del raffreddamento degli alimenti e raffreddamento dell'elettronica	Frigoriferi domestici e commerciali, congelatori, liquefazione del gas naturale, raffreddamento di chip e raffreddamento di dispositivi elettronici
COP	0,4 – 0,7	1,8 a temperatura ambiente	Fino a 1.0

Parallelismi con il ciclo frigorifero delle macchine a compressore

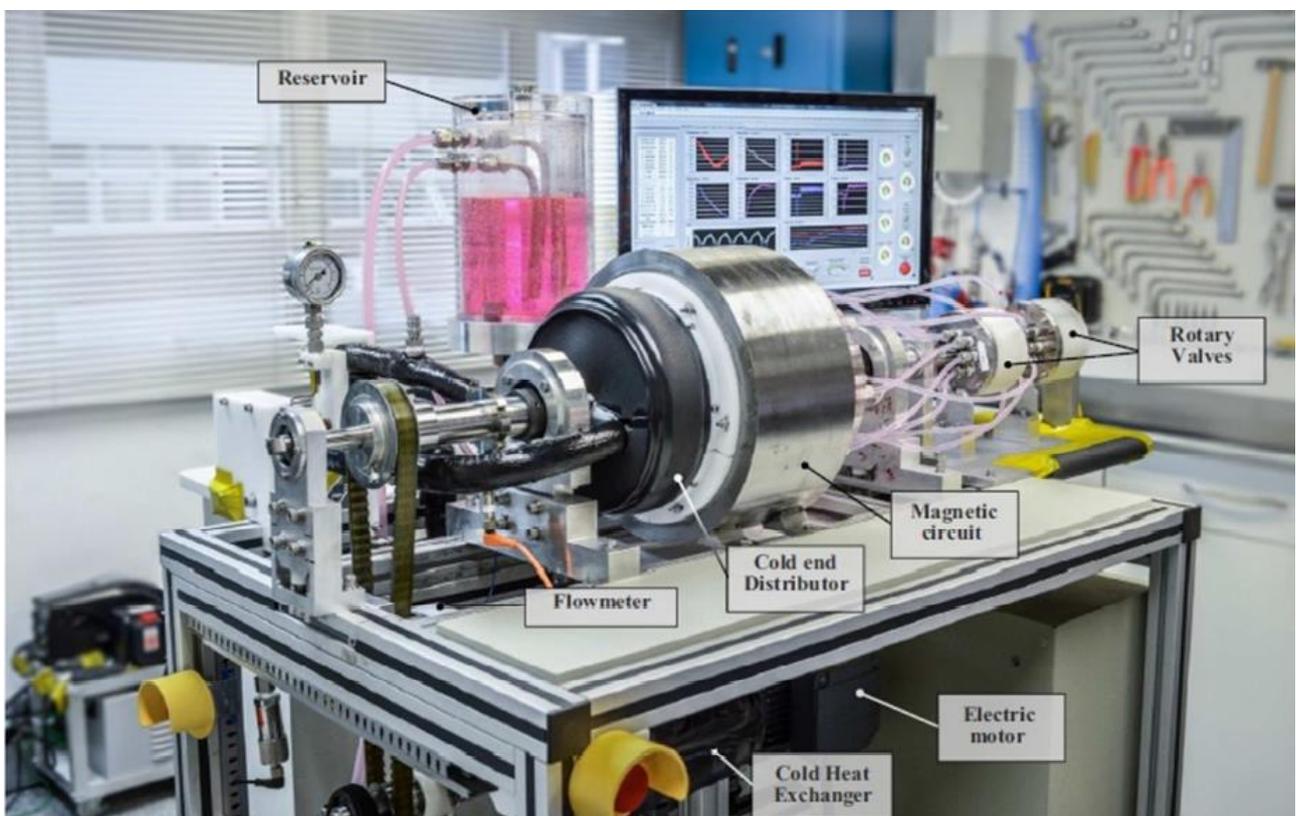
La fase 1 descritta nel precedente capitolo equivale a quella di compressione del gas frigorifero (o fluido refrigerante) in un ordinario ciclo frigorifero.

La fase 2 è equivalente a quella dell'espulsione di calore nel ciclo frigorifero convenzionale.

La fase 3 corrisponde alla fase di espansione del ciclo frigorifero convenzionale ove l'espansione del gas produce l'effetto di raffreddamento. Ed è proprio in seguito all'espansione del gas refrigerante che si produce la potenza frigorifera principale.

La fase 4 equivale all'assorbimento di calore nel ciclo frigorifero convenzionale. L'assorbimento di calore produce l'effetto di raffreddamento nel vano isolato che inizialmente si trovava a temperatura ambiente.

In sintesi, quindi, al posto della compressione del gas, si ha l'introduzione di una lega magnetocalorica in un campo magnetico e, al posto dell'espansione del gas, la stessa, viene portata al di fuori del campo. Grazie all'effetto magnetocalorico si ottiene un assorbimento e una espulsione ciclica di calore analoga a quella di un tradizionale ciclo frigorifero. Esistono tuttavia delle differenze sostanziali infatti in un fluido refrigerante gassoso l'acquisto e la cessione di calore sono piuttosto rapidi grazie alle turbolenze che si creano le quali inducono una rapida ed efficiente trasmissione del calore. Ciò non avviene invece nei materiali solidi magnetocalorici dove il calore viene trasportato a seguito di una lenta propagazione molecolare. Attualmente sono in studio conformazioni "porose" che si pensa dovrebbero agevolare la propagazione del calore; inoltre una riduzione delle distanze tra la lega magnetocalorica ed il fluido che asporta calore renderebbero più veloce il processo di raffreddamento magnetico.



Prototipo realizzato dal team della Federal University of Santa Catarina (2015)

MATERIALI MAGNETOCALORICI

I materiali magnetici sono ormai da anni sfruttati ampiamente nel settore energetico, e possono essere suddivisi in diamagnetici, paramagnetici e ferromagnetici. In sintesi, sono materiali che si comportano in modo diverso quando sottoposti a un campo magnetico. Mentre i materiali diamagnetici e paramagnetici si magnetizzano (attrazione o repulsione da una sorgente di campo magnetico) solo quando soggetti a un campo esterno, mentre i ferromagnetici mantengono le proprietà magnetiche anche senza una sorgente di campo esterna: sono questi ultimi a manifestare l'effetto magnetocalorico, che si manifesta come una variazione di temperatura di un ferromagnete ed è osservabile quando questi si magnetizza o si smagnetizza, a una temperatura prossima alla sua temperatura di Curie. La temperatura di Curie, tipica di ogni materiale ferromagnetico, indica la temperatura alla quale tale materiale perde le proprietà magnetiche acquisite. La temperatura di Curie è quindi fondamentale per la scelta dei materiali magnetici, che a seconda delle caratteristiche di cui dispongono possono essere sfruttati per diverse applicazioni.

Diversi ricercatori hanno fornito revisioni dettagliate delle classi e delle proprietà dei materiali magnetocalorici. Quelli noti sono composti da un insieme finito di elementi tra cui Cr, Dy, Mn, Gd, Fe, Ho, Ni, Eu, Tb, Sm, Er e Tm. Hanno eseguito una valutazione comparativa incentrata sulle proprietà magnetocaloriche di alcuni materiali, come vetroceramica, perovskiti ferromagnetici, ferriti di spinello e compositi a base di ossido. Lo stato ferromagnetico è caratterizzato dall'esistenza di regioni di magnetizzazione spontanea all'interno del materiale, cioè la magnetizzazione netta (M) non è zero. I materiali ferromagnetici sono classificati in base all'ordine di transizione come segue: i materiali del secondo ordine hanno una classica trasformazione da ferromagnetica a paramagnetica del secondo ordine a una certa temperatura (T_c), sotto la quale la magnetizzazione va a zero gradualmente man mano che la temperatura si avvicina a T_c ; e la magnetizzazione dei materiali del primo ordine cambia bruscamente a una certa temperatura, rilasciando calore latente nel processo. Il criterio di selezione di un materiale magnetocalorico come refrigerante può essere definito come segue, tenendo conto della qualità magnetocalorica dei materiali esistenti:

- Materiali con elevata temperatura adiabatica e grande variazione di entropia magnetica.
- Materiali con una temperatura di Curie nell'intervallo di temperatura 10–80 K o > 250 K. Nell'intero spettro di temperatura del ciclo, è possibile ottenere un importante cambiamento di entropia magnetica.
- Materiali con alta conservazione magnetica, che regolano le prestazioni di lavoro del materiale refrigerante magnetico.
- Materiali con un'isteresi termica limitata vengono utilizzati per controllare la capacità di invertire l'MCE di un materiale refrigerante magnetico.
- Materiali con elevata conducibilità termica e basso calore specifico, essenziali per un'efficace variazione della temperatura e un rapido trasferimento di calore.
- Materiali con alta resistenza elettrica e chimica.
- Come misura addizionale anche il costo del materiale è importante

CASI STUDIO e PROIEZIONI DI MERCATO

Nel corso degli anni, sono state effettuate numerose ricerche e sperimentazioni riguardo questa innovativa tecnologia, ma il suo effettivo inserimento in commercio è sempre stato complicato a causa dei vari ostacoli e difficoltà spiegate in precedenza.

Alcuni modelli degli ultimi vent'anni possiamo dire che sono stati i pionieri di questo campo e hanno ottenuto diversi successi:

-Il refrigeratore magnetico di Brown utilizza il ciclo di Ericsson. Il campo magnetico fornito da un elettromagnete raffreddato ad acqua con un campo massimo di 7 T. Il materiale magnetico è una placca di gadolinio di 1 mm. di spessore. Il refrigeratore una colonna di fluido verticale di 0,4 litri composta per l' 80% di acqua e per il 20% di alcool.

Dopo 50 cicli, la temperatura massima ottenuta di 46°C al punto caldo e di 1° C. al punto freddo.

-Il refrigeratore magnetico di Steyert si appoggia al ciclo di Brayton con un sistema rotativo che fa passare il materiale magnetico alternativamente in un campo magnetico elevato e in uno basso.

-il refrigeratore magnetico di Kirol segue il ciclo di Ericsson e utilizza calamite permanenti NdFeB con un campo magnetico massimo di 0,9T. Il rotore costituito da dischi di gadolinio spazati tra loro. Lo spessore di ogni disco di 0,127mm. Ci sono 120 dischi per un peso totale di 270g.

-Il refrigeratore magnetico di zimm utilizza il ciclo di Brayton. Il campo magnetico massimo di 5T ottenuto grazie alla presenza dei superconduttori NbTi. Si utilizza il principio dell'AMR (rigeneratore magnetico attivo). Comporta una carica di 3kg. di sfere di gadolinio da 0,15 a 0,3mm.

Il fluido di trasferimento l'acqua unita ad un antigelo. Il ciclo completo ha una durata di 6 secondi (magnetizzazione e demagnetizzazione in 1 s e due tappe di 2 s per la circolazione del fluido).

Per un campo di 5T, la potenza di raffreddamento ottenuta è di 600W. Per una differenza di temperatura tra la zona fredda e quella calda di 38°C. Il rendimento relativo circa del 60% (in rapporto al ciclo di Carnot) e il COP di 15. Tuttavia, l'energia fornita per la superconduzione fa calare notevolmente il rendimento.

Il Laboratorio Ames ha depositato un brevetto per un refrigeratore magnetico che utilizza calamite permanenti in grado di produrre campi che vanno fino a 1,9 T. L'assemblaggio costituito da 7 calamite permanenti.

Negli ultimi anni invece, sono iniziati a comparire nelle grandi fiere e esposizioni del settore i primi prodotti funzionanti e vendibili commercialmente, alcuni dei quali sono risultati utili per la progettazione del frigorifero proposto in questa tesi.

La refrigerazione magnetica è stata inizialmente incorporata nelle applicazioni commerciali nel 2016.

La sua implementazione in ambito domestico, dei trasporti e industriali è previsto nei prossimi anni.

Aziende come Cooltech Applications (Francia), Astronautics Corporation of America (Stati Uniti), Camfridge Ltd. (Regno Unito), GE Electric Co. (Stati Uniti), Qingdao Haier Co. Ltd. (Cina) e Whirlpool Corporation (Stati Uniti) stanno lavorando sull'incorporazione della tecnologia nei sistemi di refrigerazione e condizionamento dell'aria. I prodotti di refrigerazione magnetica includono refrigeratori per bevande, armadietti per gelato, espositori per armadietti, frigoriferi e congelatori.

Astronautics Corporation of America (USA), Qingdao Haier CO. Ltd. (Cina) e GE Electric Co. (USA) hanno sviluppato prototipi per refrigeratori per bevande che hanno ricevuto una risposta positiva dalla maggior parte dei settori. Astronautics Corporation, in collaborazione con Haier e BASF SE

(Germania), ha dimostrato i refrigeratori per bevande basati sulla refrigerazione magnetica al Consumer Electronics Show (CES) 2015 tenutosi a Las Vegas (USA). Cooltech Applications (Francia) ha testato armadietti per gelato basati sulla tecnologia di refrigerazione magnetica.



La figura di sinistra rappresenta la cantinetta vino proposta da Haier e BASF. "La nostra ultima generazione di materiali si basa su leghe di manganese, ferro, silicio e fosforo", ha spiegato la portavoce di BASF Vanessa Holzhaeuser. "Oltre all'abbondanza e al minor costo, ha un'elevata entropia e un cambiamento di temperatura adiabatico a campi magnetici moderati ea una temperatura specifica. Modificando la composizione della lega, la temperatura di transizione può essere regolata in base ai requisiti del dispositivo".

Il refrigeratore per vino è progettato per raggiungere una temperatura da 8 a 12 °C (da 45 a 52 °F) in uno spazio a temperatura ambiente normale. "Utilizzando un prototipo di cantinetta vino integrata dimostriamo che la tecnologia magnetocalorica ha il potenziale per rivoluzionare l'industria del raffreddamento", afferma il dott. Steven L Russek, direttore dell'Astronautics Technology Center che ha fornito le competenze per integrare i nuovi materiali nella pompa di calore magnetocalorica.



Cooltech Applications, S.A.S. la principale azienda mondiale di refrigerazione magnetica, ha annunciato nel 2016 la disponibilità del primo sistema di raffreddamento magnetico commerciale per la sua linea di prodotti del sistema di refrigerazione magnetica (figura di sinistra).

Il sistema di raffreddamento magnetico utilizza un refrigerante ad acqua invece di un gas refrigerante, uno dei principali fattori che contribuiscono al cambiamento climatico, risultando in una soluzione ecologica con un consumo di energia minimo. Con potenze di raffreddamento comprese tra 200 W e 700 W, la linea di prodotti MRS è ottimizzata per un'ampia gamma di prodotti nella refrigerazione commerciale, inclusi frigoriferi medicali, vetrine, distributori di bevande, plug-in per negozi e cantine per vini, un mercato che vale oltre \$ 20 miliardi all'anno. Jochen Kopitzke, CEO di Kirsch International, produttore leader di apparecchiature mediche ha espresso: "Non vediamo l'ora di sostituire le unità a compressore nel prossimo futuro e ci aspettiamo una reazione molto positiva del mercato a questa importante innovazione". L'unità magnetica funziona a bassa pressione con bassa velocità di rotazione eliminando virtualmente le vibrazioni, riducendo il rumore a meno di 35 decibel (db) e riducendo i costi di manutenzione. L'intero sistema gode di una durata quasi indefinita. I primi test mostrano che il sistema basato sulla MCE permetterà agli utenti finali di risparmiare fino al 50% dell'energia consumata.

L'ultimo rapporto di MarketsandMarkets Magnetic Refrigeration Market – GLOBAL FORECAST & ANALYSIS prevede che le dimensioni del mercato della refrigerazione magnetica raggiungano i 4 milioni di dollari entro il 2022, aumentando con un tasso di crescita annuale composto (CAGR) del 98,7%, tra il 2017 e il 2022; e del 105,4% tra il 2022 e il 2027 fino a raggiungere quasi 200 milioni di dollari.

Attractive Opportunities in the Magnetic Refrigeration Market



L'impatto del riscaldamento globale è una delle più importanti sfida che affrontano le industrie del freddo dato che la attuale tecnologia non sufficientemente ecologica. La crescente preoccupazione verso l'inquinamento, specialmente i gas, ha creato il bisogno di un'energia alternativa. La refrigerazione magnetica offre una soluzione green che ridurrebbe le case produttrici anche a ridurre l'utilizzo del carbone.

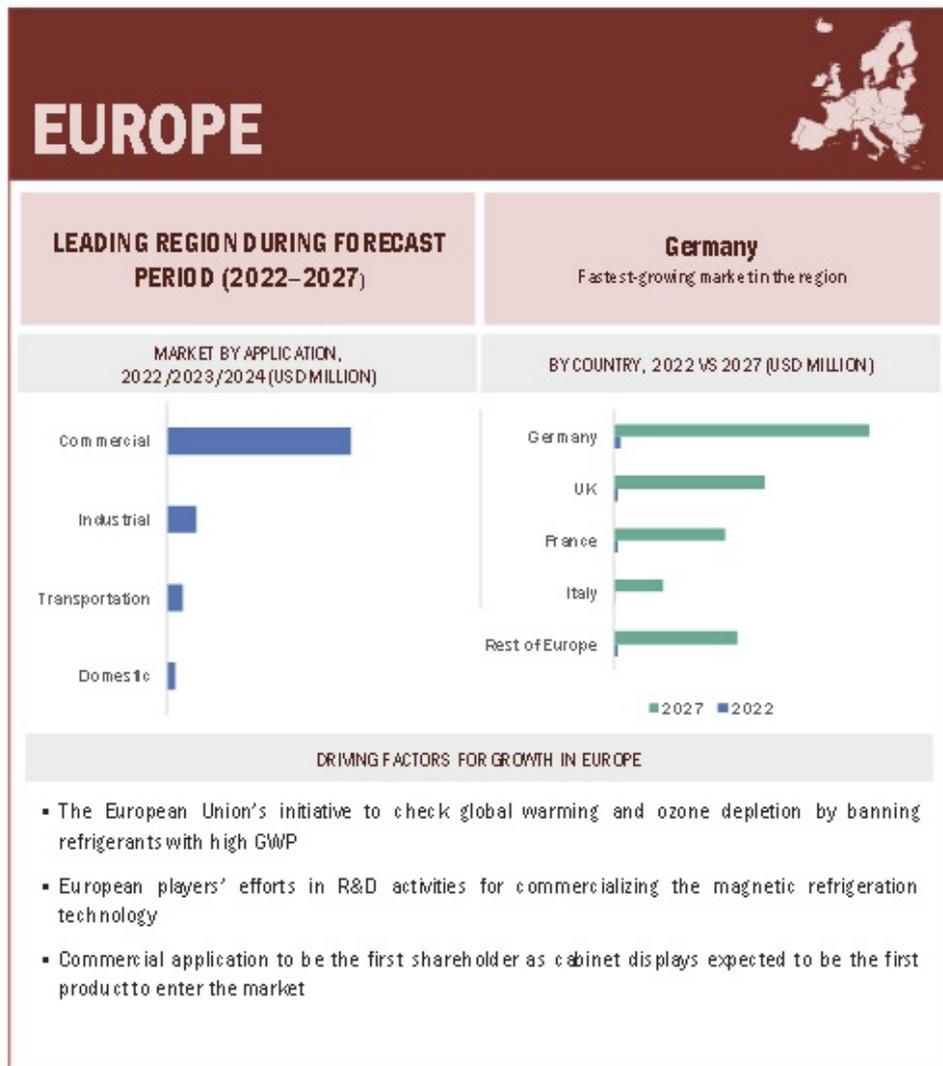
Come specificato anticipatamente i magneti e i materiali necessari contribuiscono all'aumento del prezzo di tutto l'equipaggiamento. Il materiale più accreditato al momento è il Gadolinio, materiale raro e piuttosto costoso per la produzione di massa. Ma la ricerca verso questo tipo di tecnologia è in continuo avanzamento e gli investimenti da parte delle aziende sono sempre più consistenti.

Il settore pubblico commerciale è quello con la crescita più significativa. Infatti è previsto entro il 2023 la commercializzazione di distributori di bevande e snack in luoghi pubblici. Aziende come Ubiblue stanno già testando il prodotto con partner di vendita al dettaglio e si aspettano un notevole ritorno economico. Il supporto del governo influisce non poco alla crescita del mercato della RM.

Le iniziative dell'Unione Europea, come il divieto di alcune sostanze refrigeranti ad alto inquinamento sono un ulteriore indizio a conferma della tesi. L'Europa infatti si prevede divenga leader di mercato in questo ambito nei prossimi anni.

Ci sono inoltre grandi potenzialità e notevoli sviluppi orientati verso l'uso domestico ed includono frigoriferi per bevande come le cantinette vino e piccoli frigoriferi alimentari.

Magnetic Refrigeration Market in Europe

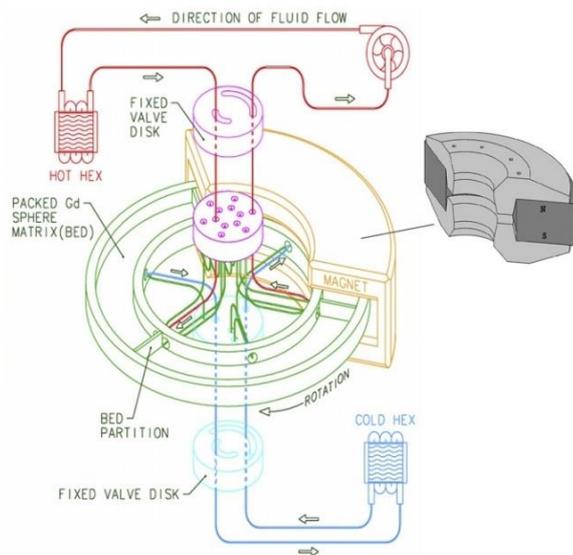
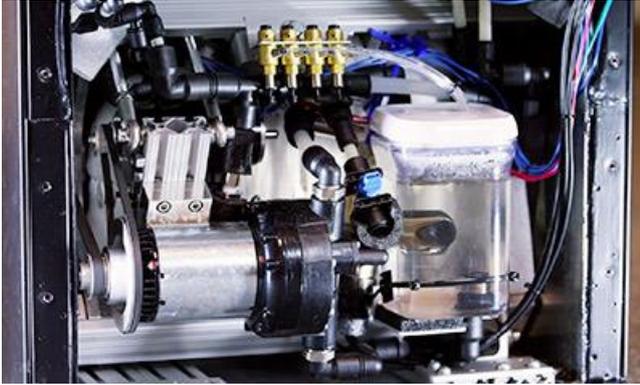


Note: Rest of Europe include Sweden, Netherlands, Spain, the Czech Republic, Finland, Slovakia, and Russia.

Source: Secondary Research, Annual Reports, Press Releases, Journals, Industry News, Organizations, Associations, White Papers, Expert Interviews, Blogs, and MarketsandMarkets Analysis

PROGETTAZIONE DELLA REFRIGERAZIONE MAGNETICA ROTATIVA

(Alcune immagini di prototipi di R.m. Rotativa)



Ad oggi, la maggior parte dei prototipi MR si basa sul ciclo termomagnetico di Brayton con rigenerazione attiva e circuiti a magneti permanenti. Il rigeneratore magnetico attivo (AMR) è un letto poroso di MCM in grado di generare un intervallo di temperatura diverse volte maggiore della variazione di temperatura adiabatica dell'MCM, ΔT .

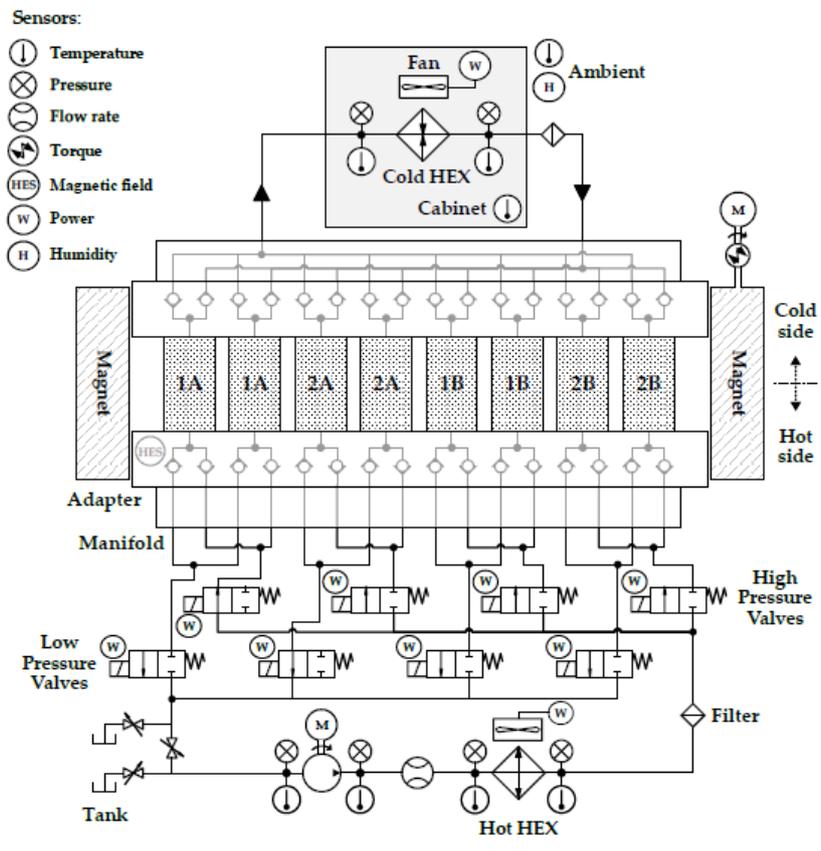
Un rigeneratore magnetico attivo, diversamente dai convenzionali rigeneratori passivi, ha come materiale rigenerante il materiale magnetocalorico. Questo così ha una doppia funzione nell'AMR: funziona come un rigeneratore permettendo un aumento dell'intervallo di temperature e funziona come un refrigerante

producendo e assorbendo calore nelle varie fasi del ciclo termodinamico grazie al suo effetto magnetocalorico, da cui la denominazione "attivo". Attraverso il funzionamento ciclico comprendente la magnetizzazione e smagnetizzazione dell'AMR e lo spostamento di un fluido che

funge da mezzo di scambio termico tra il refrigerante solido e i serbatoi freddo e caldo, si produce un effetto refrigerante (capacità di raffreddamento) per un dato intervallo di temperatura. Questo è il tipo di motore magnetico che è stato preso in considerazione per questa tesi in quanto è stato prototipato su una cantinetta vino che svolge in modo analogo le funzioni refrigeranti necessarie per il progetto.

Il fluido termovettore è una soluzione al 10/90 vol.% di glicole etilenico con additivi anticorrosivi in acqua deionizzata. L'assieme AMR/magnete comprende il circuito a magneti permanenti e il meccanismo di azionamento, 8 letti AMR fissi e distributori di flusso (collettori). Il circuito magnetico è composto da blocchi di NdFeB (neodimiumironboro) e materiale magnetico morbido (acciaio) e genera due regioni di alto campo magnetico di circa 1 T e due regioni di basso campo magnetico di quasi 0 T mentre ruota attorno ai letti AMR fissi azionati da un motore elettrico. I letti (bed) sono riempiti con 2,25 kg di sfere di Gd e GdY (gadolinioittrio), divise in tre strati con diverse temperature di Curie. La pompa del liquido a velocità variabile e una serie di 8 elettrovalvole (per dirigere il flusso del fluido all'apposito letto AMR) sono posizionate sul lato caldo, dove tre scambiatori di calore a tubi alettati (HHEX) alimentati da ventilatori montati in parallelo sono responsabili del trasferimento di calore al ambiente senza aumentare la caduta di pressione lato fluido interno. Il lato freddo comprende uno scambiatore di calore a tubi alettati (CHEX) alimentato da un ventilatore montato all'interno dell'armadio della cantinetta.

Grafico schematico motore magnetico



I refrigeratori rotanti differiscono da quelli lineari solo per la cinetica del movimento relativo tra l'AMR e il magnete. Le fasi operative fondamentali e i cicli termodinamici di un AMR possono essere trattati nello stesso modo per entrambi i tipi di rigeneratori.

il ciclo di refrigerazione si basa sull'utilizzo dell'acqua per togliere calore e abbassare la temperatura. Come già anticipato, L'AMR è costituito da una lega metallica solida porosa che subisce una variazione di temperatura sotto l'azione del campo magnetico alternativamente raffreddando e riscaldando l'acqua che scorre. Il ciclo AMR è composto da quattro fasi: **magnetizzazione, colpo freddo, smagnetizzazione e colpo caldo.**

Per aumentare la capacità di raffreddamento la progettazione della macchina attualmente prevede questa configurazione: gli AMR (*Figura 1*) sono divisi in quattro coppie di rigeneratori che vengono attivati contemporaneamente. In un dato momento ciascuna coppia di rigeneratori esegue una delle quattro fasi del ciclo in modo complementare. La disposizione in parallelo delle quattro coppie di rigeneratori aumenta la capacità di raffreddamento dell'intero sistema.

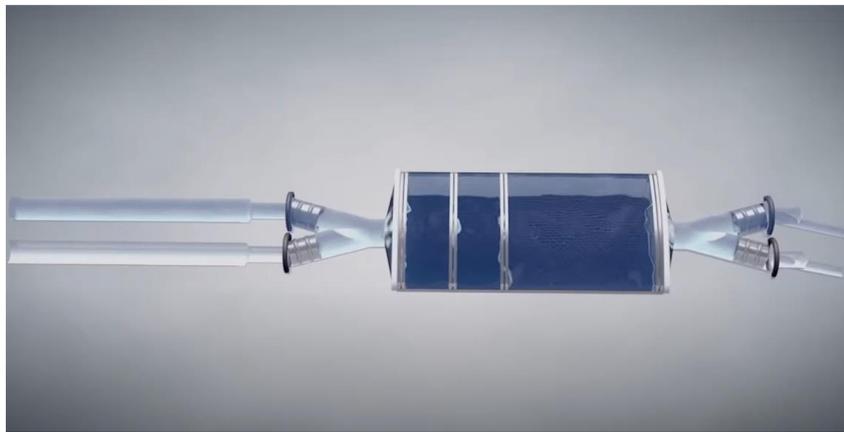


Fig. 1

L'unità di refrigerazione opera in configurazione rotativa in cui l'AMR è posizionato all'interno del circuito magnetico di geometria cilindrica (*Figure 2-3*). Con l'ausilio di un motore i magneti ruotano attorno ai rigeneratori magnetizzando e smagnetizzando continuamente gli AMR in precisa sincronia con i colpi di freddo e di caldo. (*Figura 4*)

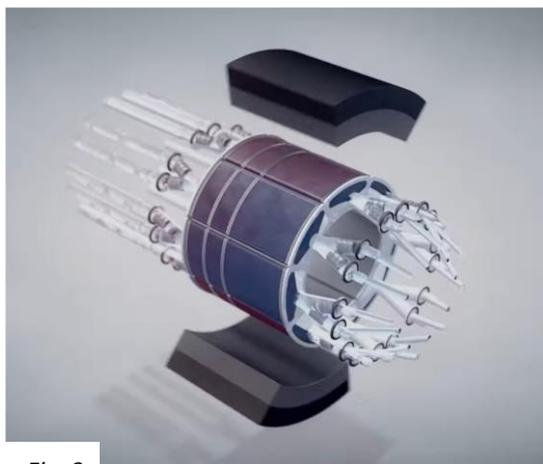


Fig. 2

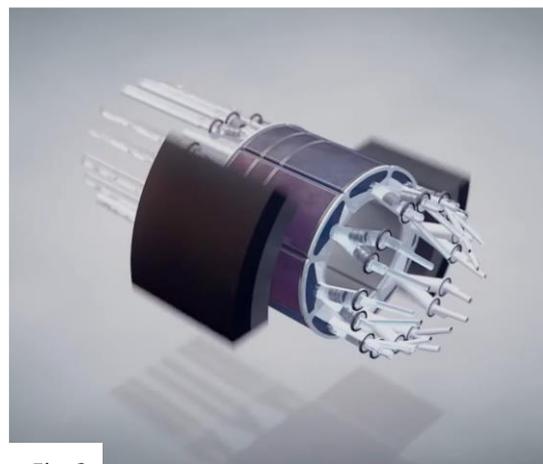


Fig. 3



Fig. 4

Nell'attuale fase di sviluppo, il sistema è dotato anche di strumenti che misurano: pressione, temperatura, campo magnetico e sensori di potenza elettrica per consentire la mappatura delle prestazioni termodinamiche delle unità frigorifere.

I refrigeratori rotanti permettono un funzionamento più continuo rispetto ai lineari in quanto questi ultimi non sovrappongono le fasi operative dell'AMR. Per raggiungere un funzionamento continuo con refrigeratori lineari è necessario ricorrere a macchine con un doppio AMR e un sistema di valvole e pistoni che permettano una sincronizzazione del flusso del fluido termovettore con il campo magnetico. I sistemi lineari sono generalmente più affidabili e relativamente facili da implementare ma il grosso punto a sfavore è che risultano molto ingombranti e hanno grandi forze inerziali che ne limitano sia la frequenza operativa sia l'efficienza meccanica. Le frequenze tipiche dei refrigeratori lineari variano da 0,2 a 1 Hz. Nelle macchine rotanti le forze inerziali hanno poco impatto perché il movimento rotatorio è di per sé più bilanciato e stabile, di conseguenza permettono delle frequenze più elevate con un AMR più piccolo e un sistema di magneti più compatto.

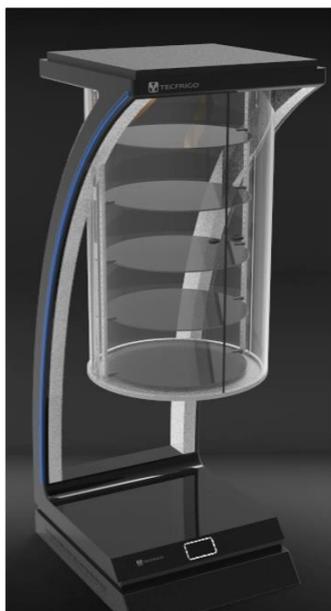
Questo comporta un minor lavoro per il moto relativo tra AMR e i magneti e quindi una potenziale migliore efficienza complessiva della macchina. Ciò nonostante possono essere più complessi in termini di sigillatura e perdite di fluido. Vari prototipi rotanti hanno raggiunto frequenze da 4 Hz fino a 10Hz. Per quanto riguarda le tipologie dei magneti utilizzati, quelli permanenti, dato che hanno minor ingombro, nessun consumo e un minor costo, sono risultati i più adatti ad un uso domestico anche se possono arrivare "solo" fino a 2 T. I magneti superconduttori, invece, riescono ad offrire campi magnetici molto più intensi e con un flusso molto denso, ma visto che hanno un sistema complesso e costoso di raffreddamento del superconduttore sono più indicati per un uso industriale.

IL PROGETTO

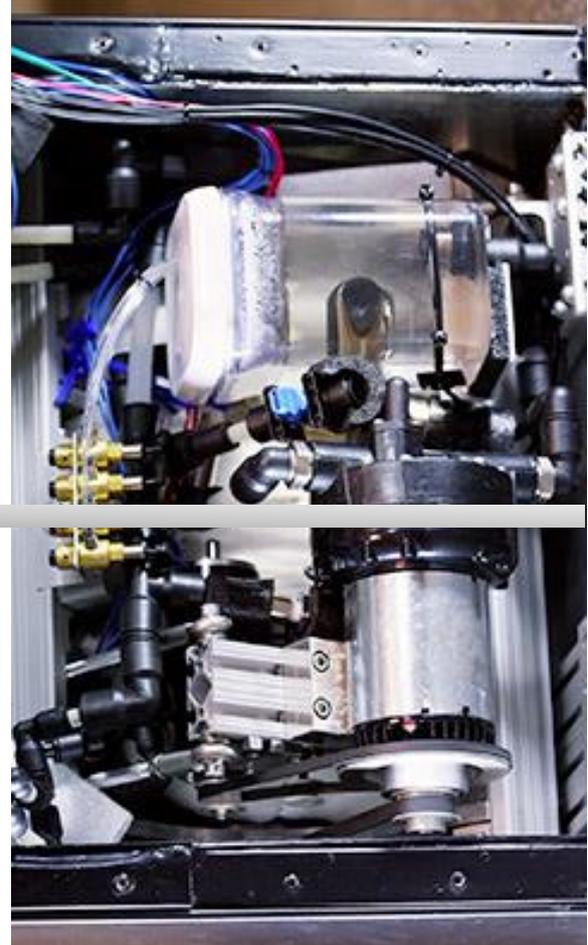
IDEA INIZIALE E CONCEPT

Come accennato nell'introduzione della tesi, questo progetto si sviluppa dalle radici create in un precedente lavoro in cui una azienda che produce vetrine refrigerate verticali ci ha richiesto, inizialmente come team per poi concludere singolarmente nella fase finale, di ripensare il prodotto facendo in modo che stravolga l'uniformità di mercato puntando ad ottenere una vera e propria "breakthrough innovation", nel design dell'oggetto o nelle sue principali caratteristiche di utilizzo. Il risultato ottenuto fu "Flusso", (rappresentato in figura in basso a sinistra). Era richiesto dunque di donare una certa unicità al concept e se possibile renderlo iconico.

La storia del design ci ha regalato nel corso dei secoli oggetti d'uso comune che sono diventati vere e proprie icone dell'arte e della cultura di massa. I grandi designer che si sono succeduti nella storia moderna sono riusciti a sfruttare la grande disponibilità di colori, geometrie e materiali per concepire o rivoluzionare elementi appetibili per il grande pubblico, ma al contempo così unici e riconoscibili da essere diventati oggetti cult grazie anche all'apparizione, frequente o meno, sul piccolo e sul grande schermo. Ho ritenuto questa sfida molto stimolante ed ho quindi deciso di provare ad affrontarla nuovamente in una differente condizione di utilizzo da quella del retail, ovvero l'ambiente al quale tutti siamo familiari, quello domestico.



La casa da sempre rappresenta l'ambiente più intimo, quello in cui vivere, mangiare, rilassarsi, crescere. L'abitazione è più di un insieme di muri, è l'espressione di chi siamo: "ordine, pulizia, confusione, comfort...". Il calore di una casa è il calore delle persone che vi dimorano. Le persone trovano benessere anche nel mondo materiale: ammirando quadri, costruendo castelli di sabbia, contemplando tramonti. Ma non solo, molte persone investono anche fatica ed energia per rendere il proprio ambiente ancora più piacevole: curano giardini, appendono luci e addobbi per le feste, decorano i propri spazi di vita, trasformano stanze comuni come una camera da letto, un garage, un salotto nella personale ed unica versione di esse. Il modo in cui un oggetto appare e produce sensazioni si chiama estetica. Essa non è solo qualcosa di frivolo e decorativo a cui non dobbiamo badare troppo per non apparire superficiali, ma rappresenta un'importante risorsa per creare benessere.



Se l'obiettivo prima era un frigorifero per un locale pubblico, ora l'obiettivo è invece più intimo e privato e richiede vincoli progettuali estremamente diversi. Intanto dal punto di vista puramente estetico è possibile osare di più in fase di progetto, poiché il cliente privato pone maggiore valore a questa caratteristica, trattandosi di un acquisto destinato a diventare un componente preponderante dell'arredamento domestico. Un retailer tende a conferire maggiore credito alle funzioni più tecniche del prodotto (motore, qualità del materiale, luminosità...). Il lato formale non va sicuramente sottovalutato ma è molto complicato provare a stravolgere le linee strutturali attuali, perché i prodotti che vengono venduti nel negozio al dettaglio (dolci, torte, pasticcini...) sono molto più importanti del contenitore che li conserva.

Il frigorifero passa giustamente in secondo piano poiché la sua funzione è proprio quella di mettere ciò che ha al suo interno, in primo piano.

In casa propria avviene completamente l'opposto. Non vogliamo vendere il cibo, vogliamo conservarlo in un frigorifero che sia certamente buone qualità tecniche, ma che si abbinerà al meglio all'arredamento della stanza a cui è destinato, che solitamente è la cucina.

Infatti quando pensiamo alla parola "frigorifero", le prime cose che ci vengono in mente sono prevalentemente tre: cibo, cucina, la sua forma squadrata.

In questo progetto ho deciso di provare a rivoluzionare questi preconcetti che ognuno di noi ha riguardo a questo oggetto e cercare di vederlo sotto una nuova veste: conservazione prevalentemente di bevande, applicabile in ambienti domestici differenti e sviluppare una forma fuori dal convenzionale.

Il nuovo frigorifero avrà quindi un utilizzo alternativo rispetto al frigorifero della cucina. Sarà portatile, con un design adatto a tutti gli ambienti della casa, dal garage al salotto, dal bagno alla camera da letto, configurandosi effettivamente anche come mobile oltre che come semplice refrigeratore che tendiamo solitamente a relegare in stanze buie o porlo all'interno di altri mobili cercando di mimetizzarlo il più possibile come avviene ad esempio coi mini-frigobar presenti negli hotel.

Per far sì che tutto questo sia possibile però, non basta rendere il suo design più appetibile. Le zone della casa alternative alla cucina, vanno incontro a nuove criticità le quali è necessario affrontare, che verranno spiegate nei prossimi capitoli. Il progetto si sviluppa quindi cercando di arginare queste problematiche, anche grazie alla nuova tecnologia della refrigerazione magnetica, che è destinata ad essere il futuro nella produzione delle macchine del freddo.

L'uso della tecnologia magnetocalorica è infatti un punto cardine di questa tesi. Le ricerche svolte su di essa mi hanno permesso di trovare l'anello mancante necessario al proseguimento del progetto. Nonostante questa tecnologia non sia completamente matura ad una sua produzione su larga scala, le ricerche scientifiche ed i risultati positivi ottenuti fino ad oggi ne rendono possibile un suo concepimento e decisamente concreta una reale progettazione.

NOME E LOGO

Il nome del prodotto progettato per questa tesi è **E-Flux**.

Andiamo ora ad effettuare in indagine dell'etimologia di questo nome e perché è stato scelto:

La "e" rimanda immediatamente al concetto di salvaguardia dell'ambiente, Ecosostenibilità. Nella simbologia comune, questa lettera davanti ad un nome, viene tipicamente utilizzata per indicare l'uso di tecnologia Elettrica al posto dell'impiego di qualcosa che solitamente è più inquinante, come nel caso delle auto o delle sigarette elettroniche.

Ciò inevitabilmente implica una attenzione da parte dei produttori ai consumi e all'ambiente, facendo percepire quel determinato prodotto eco-friendly, come qualcosa di innovativo, improntato al futuro, dando all'utente la sensazione di fare la cosa giusta utilizzandolo.

La parola **Flux** significa *flusso*. Questa parola crea diverse immagini nella nostra mente, esso è infatti un termine applicato in diversi ambiti scientifici e filosofici dove in ognuno di essi assume un proprio determinato significato semantico. Secondo l'enciclopedia Treccani un flusso, in senso proprio, è lo scorrimento di un liquido o altro fluido su una superficie o attraverso un determinato condotto e, con valore concreto, la quantità stessa di liquido ecc., che fluisce. In senso figurato, movimento continuo di persone o cose (anche astratte) che suscita l'immagine dello scorrere. Vediamo successivamente come, analizzando più in dettaglio le definizioni della parola in alcuni campi tecnici la quale si inserisce, è stato scelto questo nome per il prodotto:

- In biologia, *F. genico (gene flow)* Migrazione ricorrente di geni tra popolazioni adiacenti. Questo fenomeno fornisce alle popolazioni alleli nuovi ed è fonte di variazione delle frequenze geniche.
- In ecologia, indica il trasferimento di energia in un ecosistema. L'energia entra nelle comunità sotto forma di radiazione elettromagnetica (luce) che viene utilizzata dagli organismi autotrofi, gli unici in grado di fissarla come energia chimica nei composti organici. Quest'ultima rappresenta la forma di energia utilizzabile dagli eterotrofi, che la trasferiscono lungo le reti alimentari. Questo trasferimento è regolato termodinamicamente e a ogni passaggio una parte dell'energia viene persa sotto forma di calore: ciò implica che da un livello trofico all'altro vi sia una riduzione della quantità di energia disponibile, e di conseguenza una riduzione dell'ammontare della biomassa (o del numero di individui).
- In geologia, i F. normali sono quelli idrici, eolici e gassosi, in cui le particelle sono libere di muoversi e di orientarsi l'una rispetto alle altre, nonché di deporsi separatamente dal flusso. F. reologici nei quali la viscosità elevata fa sì che sia le particelle, sia il fluido costituiscano una unica massa, che ha quindi un comportamento d'insieme di fronte alle sollecitazioni.

- In fisica, il significato originario del termine è quello di volume di un fluido che passa, nell'unità di tempo, attraverso una superficie o un condotto. Successivamente il significato si estende ramificandosi in tanti casi più specifici: f. di energia, f. di calore, f. disperso, f di forza... fino ai flussi magnetici.

Attraverso queste definizioni è possibile notare i molteplici parallelismi che hanno ispirato il nome del progetto di questa tesi.

Un flusso è qualcosa che scorre in maniera condizionata. Pensiamo al flusso di un fiume che scorrendo costruisce il suo letto su cui adattarsi, abbiamo visto come anche la singola parola "flusso" si inserisce perfettamente in diversi campi semantici, integrandosi perfettamente.

Sono quindi l'adattabilità e la capacità di inserimento in contesti diversi, le caratteristiche chiave che ho ricercato, che ritroviamo quindi sia nell'analisi della parola sia negli obiettivi progettuali che **E-flux** cerca di risolvere.

Come spiegato nei capitoli precedenti, la tecnologia magnetica utilizzata per questo prodotto, non usufruisce di gas, e non vi è dunque l'effettivo scorrimento di un fluido come la prima definizione fornita dalla Treccani suggerisce. È in questo momento che prende forma l'unione delle parole "e" + "flux": una versione nuova di scorrimento di un flusso, ecosostenibile, che passa da essere liquido ad essere magnetico.

Il logo...

REQUISITI FINALI DI PROGETTO

In seguito ad una approfondita analisi progettuale, il concept si pone determinati obiettivi al fine di risolvere le principali criticità osservate durante le fasi di ricerca, analizzate in questo capitolo.

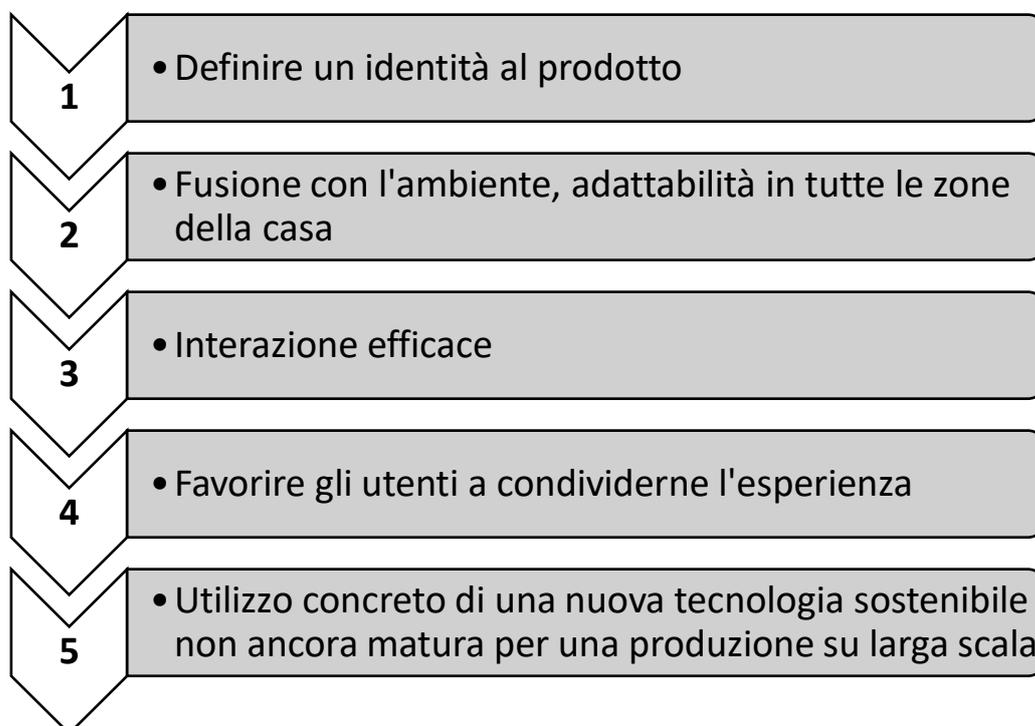
Il concetto di breakthrough innovation, destinato a rompere l'uniformità di mercato, rimane un obiettivo indiretto di questo progetto. L'utilizzo della nuova tecnologia di refrigerazione magnetica è essa stessa una indiscutibile innovazione sotto molti punti di vista, che indicherà la direzione da prendere nel mercato della produzione del freddo.

Il suo infimo impatto ambientale ed i suoi ridotti consumi che garantiscono un notevole risparmio economico, sono anch'essi delle garanzie dirette dell'utilizzo della tecnologia magnetocalorica.

"Nome del prodotto" non diventerà un diretto competitor dei frigoriferi da cucina, bensì entrerà nella fascia di mercato dei mini-frigoriferi e le cantinette.

Deve riuscire a diventare un oggetto iconico e punto di riferimento nei settori di attinenza. La caratteristica essenziale è un'estetica ed un design fortemente innovativi nei quali possano rientrare i canoni dell'economia circolare e della sostenibilità, una nuova logica di funzionamento e materiali affidabili. Dovrà inoltre rientrare nella fascia medio-alta del mercato di riferimento.

Gli obiettivi che mi sono posto sono dunque i seguenti:



- **Definire un'identità al prodotto**

Tutti gli oggetti di design più famosi sono caratterizzati da elementi unici che hanno fatto la storia, rivoluzionando intere epoche e migliorando la vita quotidiana delle persone. L'elemento che li accomuna è indubbiamente la voglia di osare dei designer, che hanno saputo mettere in discussione gli standard dell'epoca trovando soluzioni alternative e originali. Molti sono gli antenati di alcuni degli oggetti che oggi usiamo comunemente e sono stati, sia dal punto di vista tecnologico ma soprattutto geometrico, il trampolino di lancio che ha permesso all'industria del design di evolversi fino allo stile contemporaneo.

Ma perché scegliere degli oggetti di design?

- con il loro impatto visivo forte e la loro storia possono caratterizzare al meglio qualsiasi ambiente;
- stanno bene nei contesti più diversi per stile, architettura, funzione, ubicazione;
- possono aumentare il valore dell'immobile specie se si tratta di oggetti di design molto famosi e autentici;
- creano dinamismo visivo nelle stanze, soprattutto in quelle arredate con finiture e colori tono su tono che prediligono l'effetto monocromatico.

Ogni ambiente non sarà mai accogliente, funzionale, bello, caratteristico senza dei precisi complementi d'arredo scelti ad hoc e studiati nel dettaglio.

L'architetto e direttore di Disegno-la nuova cultura industriale Stefano Casciani, afferma: «*Trovare ultimamente nuovi O.I. (oggetti iconici) non è facile. Sono rimasti pochi gli imprenditori capaci di dare il loro sostegno a un oggetto nel tempo: caratteristica fondamentale di quelli che chiamo O.I. è innanzitutto la durata, come prodotti validi sia per l'uso sia per il mercato. Questi oggetti "evergreen" hanno vissuto e vivono una stagione gloriosa grazie al supporto d'investimento, commerciale e di comunicazione, da parte dei loro produttori. Persone che hanno continuato a credere e a fare in modo che, per essi, ci fosse vita nelle case e nel mercato. Esiste una ricetta per fare -progettare, produrre, vendere – un'icona? Posso ipotizzare un mix ideale di: intelligenza dell'essere e della funzione, simpatia formale, utilità intrinseca, stare nel tempo proprio e futuro, originalità, invenzione».*

Per far diventare icona un prodotto, non esistono 'best practices'... Si tratta probabilmente di una felice concomitanza di fattori che, complice a volte il tempo, concorre a generare quel "quid" immediatamente percepibile d'immagine "extra-ordinaria" che certi prodotti hanno e altri no.

Alcuni designer hanno questo guizzo espressivo, questo tocco magico, questa capacità di trasformare le loro creazioni in icone: Achille Castiglioni ad esempio è stato uno di questi e lo sgabello Mezzadro (design di Achille e Pier Giacomo Castiglioni, 1957) è senza dubbio un'icona.

Si può dire quindi che, indipendentemente dalla loro funzionalità, oggetti come questi sono icone così forti da identificarsi con il brand di produzione. Capita anche che un prodotto diventi icona perché riesce a cogliere, con il suo spiazzante linguaggio espressivo e nel momento giusto, delle istanze latenti del pubblico, quello che c'è nell'aria, ma che non è ancora stato espresso in termini materiali da altri prodotti.

Una peculiarità fondamentale degli oggetti iconici è senza dubbio la durata: al di là del fatto che si tratti di prodotti validi tanto per il mercato quanto per l'uso, hanno un prestigio notevole sia dal punto di vista comunicativo che dal punto di vista commerciale. Si può ipotizzare un mix di utilità intrinseca e simpatia formale, ma non possono mancare doti come la fantasia e l'originalità. Oltre a questo, un'icona ha la capacità di stare nel tempo, il che vuol dire che non solo coglie le esigenze del presente, ma anticipa anche i gusti e i bisogni del futuro. In più, è bene mettere in evidenza la capacità degli oggetti iconici di dare vita a dei legami con coloro che li usano: e a volte si tratta anche di legami affettivi, che sorgono nel momento in cui le icone diventano dei veri e propri testimonial di un momento, di un'epoca, di un luogo o di una comunità.

L'esistenza dei prodotti che diventano icone per il loro aspetto, per la loro funzione, per la loro forma o per qualsiasi altro motivo può avere anche un significato simbolico e metaforico che va al di là della presenza fisica. Insomma, una poltrona che diventa un'icona non è evidentemente solo una seduta bella e dall'aspetto curioso, ma anche un emblema di un certo modo di essere, di un determinato stile di vita, di una nuova quotidianità.

Non si possono quindi definire i passaggi da seguire né le tappe da rispettare per realizzare le icone, proprio perché esse non rispondono a logiche di serialità e produttive, ma sono il frutto di una felice combinazione di fattori che non è detto sia ripetibile. Anche il contesto temporale ha una sua importanza: non è detto che un oggetto proposto sul mercato negli anni '60 e diventato un'icona avrebbe avuto lo stesso successo e avrebbe incontrato la stessa fortuna se fosse stato proposto nel decennio precedente.

Tuttavia è sicuramente più fattibile definire un'identità propria al prodotto, soprattutto in un mercato decisamente saturo come quello dei frigoriferi domestici. I prodotti con una forte identità sono comunque presenti in questa categoria: Smeg ne è un esempio lampante, che con le sue linee tondeggianti ed i suoi dettagli molto semplici, riesce a rendersi subito riconoscibile anche senza la firma del suo logo posta in bella vista.

Questa caratteristica di riconoscibilità però non è un qualcosa semplice da trovare nel mercato frigorifero. Infatti quello che vediamo spesso sono grossi parallelepipedi rivestiti con materiali metallici lucidi.

E-Flux però, non andrà ad inserirsi nel mercato dei frigoriferi da cucina, non sarà dunque un diretto concorrente; bensì la ricerca va fatta nelle altre zone dell'ambiente domestico, dove minibar e cantinette vino la fanno da padrone.

In questo settore, il valore identitario viene ancora meno. Nonostante esistano notevoli esempi di prodotti belli ed eleganti, la loro caratteristica principale rimane la loro funzione: contenere bevande ed alimenti, passando quindi in secondo piano le loro peculiarità. Nella maggior parte dei casi, risulta inoltre praticamente impossibile identificare un prodotto rispetto ad un altro, se non dopo un'attenta osservazione.

Le ricerche fatte per risolvere questo obiettivo progettuale si concentrano quindi sul definire un'identità propria al prodotto cercando non solo una forma estetica differente ed accattivante, ma anche tentando di sviluppare una esperienza alternativa intorno al frigorifero, che non sia più semplicemente uno strumento ma un vero componente di arredo, mantenendo però una sua discretezza. E-flux infatti non vuole essere un oggetto invadente, ma allo stesso tempo non vuole nascondersi.

- **Fusione con l'ambiente, adattabilità in tutte le zone della casa**

C'è chi ha un debole per le forme pulite ed essenziali dello stile minimale, chi proprio non può che arredare casa guardando al passato e ama il design vintage più di ogni altra cosa e c'è chi invece predilige la semplicità e l'eleganza di uno stile senza tempo capace di trovare la sua armonia nei colori e nei materiali, per un look discreto e assolutamente sofisticato che gioca con le tonalità soft, poco urlate, poco cariche e capaci di abbinarsi alla perfezione tra loro, senza stancare mai. Le mode passano, i gusti cambiano, ma lo stile, è una questione di equilibrio fatto di finiture e di arredi senza tempo capaci di dialogare tra di loro in armonia e di assecondare il nostro gusto personale.

Gli spazi che abitiamo devono parlare di noi e prendere forma a seconda delle nostre abitudini che sono sempre più dinamiche e della nostra personalità. E devono essere attenti alle nostre esigenze, anche quelle estetiche. Soprattutto in soggiorno dove, da anni, le aziende sperimentano nuovi modelli abitativi offrendo soluzioni sempre più personalizzate.

Ma è nell'abbinamento che si legge il temperamento di una casa: si intuisce da come i toni e le sfumature sono abbinati, dai dettagli stilistici che sobriamente esaltano le forme, dalla materia che lavorata con maestria riesce a far vibrare la luce sulle superfici.

Sperimentare, giocare e abbinare, un living può cambiare stile semplicemente scegliendo l'accessorio giusto, basta aggiungere un tavolino o in pouf per ravvivare un ambiente e allontanarsi da un look eccessivamente uniforme. Ma senza esagerare perché la scelta di una forma semplice e leggera, soprattutto se caratterizzata da un'attenta cura nei materiali e nelle finiture, è sempre la carta giusta da giocare anche con l'arredo.

Oggi, per la maggior parte dei frigoriferi presenti sul mercato, risulta molto difficile adattarli nei vari spazi domestici. I frigoriferi da cucina hanno una funzione ben definita e vanno necessariamente collocati appunto in cucina per i tanti motivi che possiamo tranquillamente immaginare.

Le persone che dispongono di un congelatore più grande separato dal frigorifero, lo dispongono solitamente in una stanza celata, poco frequentata, sicuramente non dagli ospiti.

Anche le cantinette vino, per i più appassionati che le possiedono, vengono spesso poste in una zona specifica della casa, sicuramente aderenti al muro come un normale frigorifero, riducendo drasticamente le possibilità di collocamento per non parlare dell'ingombro che è sicuramente significativo.

I minibar, grazie alle loro piccole dimensioni permettono un più ampio raggio di possibilità collocative. Sotto o sopra un tavolo, dentro o fuori una dispensa, ma a volte anche in prima vista, a seconda dell'atmosfera che si vuole ideare. I mini frigoriferi però hanno in comune la caratteristica di condividere due difetti dei due settori: (frigoriferi tradizionali e minibar) : occupano troppo spazio contenendo troppo poco.

Le cose che amiamo non occupano spazio, si guadagnano un posto nelle nostre vite e diventano una parte di spazio tutto loro. Un frigorifero con cui gli utenti amano interfacciarsi attraverso un design interessante e interazioni efficaci non consumerà lo stesso spazio che occupa un qualunque "cubo" poco gradevole, che caratterizza la forma di quasi tutti i prodotti del settore.

Un altro importante difetto caratteristico di tutti i frigoriferi, minibar, cantinette vino ed il resto delle macchine di refrigerazione, è l'inquinamento acustico, il rumore.

Questo particolare è un altro ostacolo non indifferente da tenere a mente quando si decide la locazione del proprio frigorifero.

Il rumore che viene prodotto dal frigorifero deriva in gran parte dal compressore presente nei componenti del motore. Riportando le parole enunciate nei capitoli precedenti: -Come nei forni, anche il frigo ha un termostato: lo strumento che assicura che nel frigo ci sia la temperatura giusta. Se infatti la temperatura aumenta rispetto al livello impostato, il termostato lo rileva e il compressore entra in funzione e comincia il ciclo frigorifero. Ossia: il compressore pompa il fluido refrigerante solo se il termostato sente che la temperatura dentro il frigo è in aumento. Ecco perchè quando apriamo spesso la porta del frigo o inseriamo un alimento ancora caldo parte un ronzio: è il compressore che inizia a lavorare.-

Un comune frigorifero può raggiungere misure anche oltre i 40 Db. Occorre tenere presente che ogni 3 decibel si ha un aumento di rumore percepito del 50%.

Se è troppo vecchio, allora il compressore non funziona più in maniera efficiente e questo provoca un aumento del ronzio. In questo caso è necessario sostituire il compressore.

Se è nuovo, invece, si tratta del normale lavoro del compressore, dovuto al modello in sé.

A volte però i ronzii possono essere causati da altri fattori: l'avvio del compressore può causare la vibrazione del frigorifero posizionato male. A questo punto possiamo sistemare i piedini per far sì che il frigorifero sia appoggiato per bene a terra oppure eliminare eventuali contatti con altre superfici sensibili a tale vibrazione. Spesso capita infatti che il frigorifero sia troppo vicino alla parete o ad un altro mobile creando una cassa armonica che amplifica il rumore prodotto dall'azione del compressore.

Un altro fattore può consistere nel mal fissaggio del compressore al telaio: in questo caso, se oscilla, è opportuno serrare bene i dadi. Se questi ultimi sono usurati e quindi rimangono allentati, occorre sostituirli.

Questo rumore può risultare irrilevante durante le ore diurne, ma l'effetto è opposto durante le ore notturne dove il silenzio regna sovrano. Il problema risulta comunque poco importante quando il frigorifero è posto in cucina, in cantina o in una stanza adibita ad esso, ma diventa molto rilevante quando posto nelle zone più comuni della casa, come salotto e camera da letto. Nessuno vorrebbe sentire un ronzio mentre guarda rilassato un film sul divano, tantomeno quando si stende nel letto per riposarsi dopo una lunga giornata impegnativa.

Come è possibile risolvere questa problematica?

Prima di tutto, E-Flux, grazie al suo design circolare, non formerà alcuna cassa di risonanza, inoltre è studiato per poter essere posizionato ovunque, anche distante dai muri.

Ma è anche in questo momento che ci viene nuovamente in aiuto la tecnologia della refrigerazione magnetica.

Sulla base dell'effetto magnetocalorico (MCE), che è il riscaldamento o il raffreddamento del materiale magnetico provocato applicando un campo magnetico ad esso, la refrigerazione magnetica elimina l'utilizzo di gas refrigeranti che vengono utilizzati nei frigoriferi basati sulla compressione. L'unità magnetica funziona a bassa pressione con bassa velocità di rotazione eliminando le vibrazioni, abbassando il rumore a meno di 35 decibel (dB) e riducendo i costi di manutenzione. L'intero sistema gode di una durata di vita quasi-indefinita. In aggiunta, minori

saranno le dimensioni, minore sarà il lavoro necessario per raffreddare la camera interna del frigorifero. E-flux ha dimensioni sufficienti per garantire lo spazio necessario alla disposizione di bevande e alimenti mantenendo un ingombro contenuto, portando il livello di rumorosità a livelli anche inferiori.

La risoluzione di questo requisito progettuale è un obiettivo cardine di e-Flux. L'attuale concetto del frigorifero è rappresentato infatti dalla sua immobilità. Viene acquistato e viene posizionato in un luogo in cui è destinato a rimanerci per sempre.

In conclusione dunque, questo progetto vuole distaccarsi da questa concezione. E-flux è adattabile, trasportabile, e multifunzionale, con lo scopo di fondersi e inserirsi in tutti gli ambienti della casa, sia a livello puramente estetico, sia a livello funzionale.

- **Interazione efficace**

Per sostenere l'obiettivo precedente, ovvero la adattabilità nei vari ambienti casalinghi, è necessario che anche le interazione che l'utente ha con il prodotto siano sempre efficaci.

Le interazioni che si hanno normalmente con un frigorifero tradizionale sono poche e sicuramente diverse da quelle che e-Flux necessita.

Scopo fondamentale della progettazione dell'interazione è rendere possibile e facilitare al massimo per un essere umano l'uso e l'interazione con macchine (meccaniche e digitali), e la fruizione di servizi e sistemi complessi in modo proficuo e soddisfacente.

Le basi metodologiche generali dell'interaction design si fondano su un complesso insieme proveniente sia da ambiti disciplinari diversi (psicologia cognitiva, scienza del comportamento, analisi dei sistemi percettivi e semiotica) sia parallelamente da studi di ricerca sui criteri di usabilità e di valutazione dei parametri di progettazione legati alle caratteristiche dei materiali oppure alle proprietà specifiche del software (ingegneria, ergonomia, scienza dei materiali, informatica e product design). Si può quindi affermare che quando ci si riferisce all'interaction design generalmente si intende indicare un'attività di analisi e progetto delle modalità di interazione fra uomo e macchina (solitamente di tipo elettronico), volta a valorizzare in particolare gli aspetti sia di carattere fisico, dinamico, intellettuale, sia comportamentale ed emozionale di questa relazione.

Nel corso del 20° sec. lo studio dell'ergonomia ha avuto un percorso evolutivo e ha rivestito un ruolo centrale nel design industriale in molteplici settori, imponendosi come parametro di qualità dei livelli di semplicità d'uso, comfort e adattamento di macchine, oggetti e ambienti alle necessità umane.

La rapida evoluzione della produzione di tecnologie e del relativo sistema di marketing iniziata negli anni Ottanta ha determinato un'analoga trasformazione del prodotto e del suo destinatario, che si sono allontanati dalla prassi uniformante del mass market del periodo precedente in direzione di nuovi significati valoriali e d'uso degli oggetti e di una più matura consapevolezza nei consumatori. Tale trasformazione ha determinato rinnovate letture e la definizione di nuovi scenari sociali, in considerazione delle implicazioni non soltanto economiche, ma soprattutto sociologiche e antropologiche emerse da queste mutate dinamiche relazionali, e ha sottolineato inoltre la necessità di sviluppare nuove interpretazioni e definizioni degli aspetti ergonomici.

L'oggetto tecnologico, oltre a riflettere nuove caratteristiche simboliche e più saldamente legate a stimoli emozionali, stabilisce la necessità di integrare valori di semplicità e immediatezza per un uso reiterato, oltre a dover rispondere a criteri di prestazione e affidabilità non così fortemente rilevanti per altre tipologie di prodotto. Il soggetto utilizzatore, non è più un consumatore che esaurisce il proprio ruolo nel semplice atto dell'acquisto: si profila infatti la figura dello user (fruitore), ovvero di un soggetto preparato ed esigente che mette in gioco le proprie caratteristiche fisiche, intellettive ed esperienziali nelle sue modalità di interazione con l'oggetto.

Prendiamo quindi in esame un qualunque frigorifero, ho analizzato le attività con cui l'user si deve interfacciare per utilizzarlo, partendo dalle basi:

- Il semplice atto di apertura della porta (o delle porte) del frigorifero, determina un'azione che ha delle sue implicazioni: la disposizione della maniglia può facilitare o complicare l'apertura dell'anta frigorifera. Bisogna valutare diversi aspetti per la sua forma e posizionamento per ottenere il miglior risultato a livello ergonomico.

Se posta troppo in alto può essere difficile da raggiungere per persone disabili, basse, o per i bambini. Se posta troppo in basso può essere scomoda nell'eventualità ci fosse un impedimento posto sotto il frigorifero magari a sostegno della struttura, come nel caso di un minibar situato su un tavolo.

Inoltre, in entrambi i casi, la leva applicata nell'apertura può comportare un tremore del contenuto interno perché la forza utilizzata non è distribuita correttamente su tutta la superficie. La porta stessa può risultare difficoltosa da aprire nel caso il frigorifero fosse posto in spazi angusti. E-flux deve essere posizionabile ovunque, non può permettersi quindi questo tipo di ostacoli.

- La portabilità è un'altra caratteristica fondamentale di questo progetto. Questa peculiarità si collega direttamente al concetto di adattabilità espresso in precedenza.

Un altro assioma che si ha nella percezione del frigorifero è la sua immobilità, la sua pesantezza sia fisica che a livello percettivo. Per rimanere fedeli dunque all'obiettivo progettuale dell'adattabilità, e-Flux deve essere trasportabile senza troppe difficoltà.

L'idea principale non propone un continuo movimento del frigorifero, ma deve sicuramente garantirne la possibilità di farlo, essendo un oggetto che diventa parte integrante dell'arredamento: deve essere trasportabile da una sola persona, quando vuole, in modo intuitivo e senza la necessità di rimuovere i prodotti al suo interno.

- Ugualmente importante è naturalmente l'interfaccia di comandi con cui l'utente avrà a che fare. L'utente deve essere agevolato nel tracciare in tempi veloci un modello mentale di riferimento relativo all'oggetto, seguendo le modalità di ragionamento induttivo e deduttivo a cui è abituato. Un secondo punto, potrebbe essere definito come risposta rassicurante (reassuring feedback), ovvero la capacità di un manufatto, o di un software, di reagire in modo chiaro e diretto, e quindi confortante, alle azioni dello user. Una reazione attesa a un'azione intenzionalmente mirata a provocarla aiuta l'utilizzatore a prendere confidenza con l'oggetto

e concorre al consolidamento di una sensazione di sicurezza e affidabilità. Per raggiungere questo scopo, si rende necessaria la pratica di minimizzazione degli errori, attraverso continui test di utilizzo che rivelino i punti deboli in cui il software rischia, in particolare, di indurre a reazioni sbagliate o non chiare. La navigabilità (navigability) è un terzo elemento essenziale soprattutto per tipi di interazione che avvengono attraverso uno schermo. Il soggetto di interazione deve avere sempre la possibilità di identificare con precisione le proprie coordinate di riferimento rispetto al sistema generale, potendo tracciare in modo intuitivo il proprio percorso in corrispondenza del punto di inizio e attraverso i vari passaggi intermedi. Le diverse opzioni e le possibilità di apportare modifiche al proprio itinerario devono essere agevolmente identificabili e applicabili, salvaguardando la consapevolezza della propria posizione nonché la logica consequenzialità del processo. Nei tradizionali frigoriferi il display o una qualunque interfaccia, è disposta necessariamente sul lato frontale, E-Flux è un oggetto che funziona a 360 gradi, permettendo una distribuzione omogenea dei sistemi di interazione. Inoltre, l'utente avrà a disposizione il controllo dell'illuminazione del prodotto come funzionalità aggiunta. L'integrazione di led infatti contribuisce al fornire una giusta atmosfera all'ambiente.

Questo sforzo verso la semplicità dell'interazione è in diretta corrispondenza con la qualità del prodotto, ovvero con la qualità del suo design. La qualità, in questa accezione, non è tanto riferita alle prestazioni dell'oggetto, quanto piuttosto alla sfera più emozionale che è in grado di stimolare attivando i sensi percettivi, per esempio attraverso il contatto tattile con un certo materiale, il suo colore, l'eventuale riflettanza o gradevolezza della luce emessa, la sensazione di leggerezza e precisione nella pressione di un bottone a sfioramento o la fluidità di un sistema di scorrimento, o la piacevolezza dei suoni che accompagnano i comandi. L'intensità della stimolazione del sistema percettivo e la qualità percepita costituiscono una delle ragioni principali del successo di un prodotto. Nella qualità del design, in cui si deve comprendere anche la qualità della sua comunicazione commerciale, si concentrano di fatto le chiavi per la conquista del consenso di un prodotto, ottenuto attraverso il fascino che esercita sul pubblico e il ruolo di status symbol che riesce a conseguire, come dimostrato dal successo di alcuni telefoni cellulari o lettori MP3.

- Infine, è stata studiata la disposizione dei prodotti alimentari e l'interazione che essi hanno con l'oggetto tecnico.

Raggiungere con facilità i prodotti riposti all'interno del frigo, distribuirli in modo confortevole, garantire la stabilità delle bottiglie in caso di movimento o urto col frigo, sono alcuni delle criticità esaminate per risolvere questo obiettivo progettuale.

- **Favorire gli utenti a condividerne l'esperienza**

Il Design oggi non è solo la disciplina che si occupa di aspetti progettuali di oggetti o di ambienti e non può riguardare unicamente gli aspetti estetico-funzionali delle cose fisiche. Il Design oggi è riconsiderato per la riflessione di cui può essere capace, un "riesame". Un modo di pensare che ci mostri quanto questa disciplina possa essere ricostituente, etica, rispettosa, e che la progettazione non rispetta solo le regole del mercato, ma si fa portatrice di valori, assumendosi una responsabilità. Il Design non può essere incentrato solo sulla User Journey, ma deve avere un coinvolgimento profondo con la vita degli uomini e delle esperienze che essi fanno attraverso di esso, tenendo presenti tutti gli aspetti che entreranno a far parte di questa relazione (si pensi all'interazione uomo-artefatto, all'emozione e allo stato mentale derivante dall'uso dell'oggetto).

Oggi il sistema che sta intorno al design si è "complessificato". Vengono concepite soluzioni come fossero vere e proprie estensioni del corpo che interagiscono con l'essere umano e l'ambiente, modificando forma e posizione. La verità è che siamo alla continua ricerca di nuove modalità secondo cui soddisfare i nostri bisogni, sempre meno materiali e i nostri desideri sempre più invisibili.

Qualcuno pensa che sia il principio darwiniano dell'evoluzione della specie a investire l'evoluzione della nostra esperienza, determinando la nostra identità. In quest'ottica siamo interessati a vivere esperienze uniche e irripetibili, più coinvolgenti possibile e capaci di fare la differenza. Qualcosa che non sia solo un'emozione sfuggente e transitoria, ma che produca cambiamenti irreversibili, lasciandone traccia permanente nella nostra essenza.

La nostra visione del mondo non è unica e indivisibile, ma composita e frammentata, risultato di una sommatoria di istanti, eventi, episodi, momenti che abbiamo vissuto da soli o che abbiamo condiviso con altre persone, interagendo con oggetti e luoghi che costituiscono l'ambiente che ci circonda e di cui noi stessi facciamo parte. Non si tratta solo di vivere un'esperienza ma di apprendere e di conoscere venendo a contatto con ciò che ci sta attorno.

Il rapporto che la maggior parte di noi ha col proprio frigo, inteso come oggetto a sè stante, è tendenzialmente anonimo, apatico. È un mero strumento di conservazione del cibo, non stimola ricordi, non ci accompagna in qualche tipo di esperienza ne la crea.

Se lo stravolgimento della percezione che si ha di questo prodotto è l'obiettivo primario, allora è necessario indagare anche sull'aspetto esperienziale. Ma prima di tutto occorre capire cosa si intende a livello generale, per esperienza.

L'accezione più semplice di "esperienza" sembra essere questa: l'uomo riceve impressioni che generano in lui sensazioni. Questo mondo d'esperienza pre-razionale è forse alla base dell'immagine che sta dietro il termine di esperienza: si fa un viaggio e se ne ricevono delle impressioni. Ma ci si può anche mettere in un atteggiamento attivo: cercare situazioni capaci di suscitare impressioni, e poi raccogliere queste ultime. Si apre in questo modo il campo della percezione e dell'osservazione organizzata. Ma già la percezione più semplice di un oggetto esige che lo si distingua da altri e che quindi lo si raccordi con altre percezioni. Perciò il concetto di esperienza in campo filosofico è stato pensato fin dall'inizio sulla linea della distinzione e dell'integrazione di percezioni e ricordi; a partire da Aristotele l'esperienza esige capacità di astrazione ed è in rapporto con la teoria. Per Hegel l'esperienza è essenzialmente il movimento storico dello Spirito, movimento che sfocia nel concetto.

Il pensiero non è separato dall'esperienza: c'è un'esperienza del pensare, non solo un pensare l'esperienza.

Per risolvere questo obiettivo progettuale, ho ricorso alla ricerca della curiosità, della convivialità e della condivisione, oltre a naturalmente i modi d'utilizzo dell'oggettivo tecnico.

Ho ritenuto importante dare un valore ai processi che avvengono attorno all'uso di E-flux, partendo dalla scoperta di un prodotto differente che può saltare all'occhio di un ospite che entra in casa, che porta a fare domande e ad un interesse genuino; fino alle differenti azioni che possono creare conversazione. Il sistema è pensato per favorire la sequenza di un processo rituale, incoraggiare gli utenti a condividere l'esperienza con amici e parenti, col frigo che può diventare il centro di un punto di raccolta.

- **Utilizzo concreto di una nuova tecnologia sostenibile non ancora matura per una produzione su larga scala**

Oggi i sistemi a refrigerazione magnetica non sono ancora in vendita, tranne rarissime eccezioni, ma è una questione di pochi anni. Da più di 10 anni i principali centri di ricerca del mondo stanno studiando prodotti in grado di supportare questa tecnologia. La sfida è riuscire a inserire questo meccanismo nella quotidianità delle persone, eliminando le soluzioni altamente inquinanti.

Facendo un'ipotesi è molto probabile che quando verranno immessi sul mercato questi refrigeratori magnetici saranno particolarmente costosi. Bisogna tenere presente inoltre che l'acquisto di prodotti simili, seppure costoso, porta sempre al risparmio nel lungo periodo. Grazie alla riduzione in bolletta recuperare la spesa iniziale è infatti molto semplice.

I motivi principali per cui è difficile applicare questa tecnologia nei sistemi di refrigerazione sono stati ampiamente spiegati nei capitoli precedenti. La risoluzione di questo obiettivo progettuale sta nel trovare il modo per arginare i principali ostacoli che si presentano nell'utilizzo di questa tecnologia, affinché la sua implementazione potesse essere possibile e concreta.

Dal punto di vista delle prestazioni la tecnologia sembra già matura per utilizzi che richiedono un limitato salto termico, come cantinette o raffrescatori d'aria. I prodotti di nicchia, quelli ad alto margine di guadagno, saranno probabilmente il punto di ingresso della refrigerazione magnetica sul mercato.

ANALISI UTENZA

Effettivo e non trascurabile è il cambiamento di contesto sociale globale a cui assistiamo negli ultimi decenni in ogni settore, nei quali il mondo delle reti informatiche ha davvero avuto una parte dominante, rivoluzionando probabilmente il modo di fare politica e impresa e rivoluzionando anche il mondo del lavoro e delle professioni. Una piattaforma universale nella quale il cittadino-consumatore, o utente che dir si voglia, sembra poter diventare parte attiva del progetto e del processo politico o produttivo che sia. Le tecnologie dell'informazione sono dunque protagoniste, in parte causa e conseguenza di questo processo che ha cambiato il modo di fare informazione, politica ed economia.

Dalle rivoluzioni industriali a oggi, il designer ha sempre avuto come committente primario l'azienda, seppure con il focus primario del "consumatore al centro" del suo processo progettuale e nel fine ultimo della sua progettazione. Fatte eccezioni il periodo e le situazioni in cui il design diventa mero strumento del marketing a servizio di un interesse unicamente privato, noncurante e alle volte non sempre conciliabile con l'interesse pubblico.

Oggi però che il committente non è più così chiaro e univoco, oggi che il consumatore è super-informato, la distanza tra il design e il suo destinatario, cioè l'utente (ex consumatore), è quasi del tutto inesistente e il mediatore-azienda non ha più il potere e il vigore del passato. Il designer si trova dunque a dover riposizionare il proprio mestiere in una nuova catena del valore, cercando di mettere le sue capacità progettuali al servizio diretto della collettività. Egli stesso non è più nel backstage di un'azienda, ma è parte attiva, calato all'interno di una nuova società "orizzontale", dove le gerarchie, se ci sono, sono davvero difficili da individuare.

La sostenibilità ambientale è ormai un tema preponderante in ogni ambito della quotidianità, dalla politica allo spettacolo fino all'economia e al design. La consapevolezza delle problematiche di questa tematica è ormai presente nella mente del consumatore, i più attenti sono disposti a spendere di più nell'acquisto di prodotti che aiutano l'ambiente e questo rapporto è destinato ad assumere un peso sempre più rilevante nelle strategie di sviluppo e posizionamento dei mercati.

Per comprendere questa trasformazione, che è prima di tutto valoriale, da parte di cittadini e consumatori, SAP ha promosso uno studio in collaborazione con Qualtrics che ha coinvolto 1.250 consumatori italiani e che mette a fuoco le principali istanze nel rapporto tra "italiani e sostenibilità". Una ricerca che consente di trasferire alle imprese una conoscenza sulle aspettative e sulle nuove esigenze dei consumatori.

- Il primo dato appare come una conferma chiara ai tanti segnali che ci dicono quanto sia cresciuta la sensibilità verso i temi dell'impatto ambientale, economico e sociale ed è da leggere nel 44% dei rispondenti che attribuisce alla sostenibilità una grande importanza. Questa attenzione si riflette anche nella richiesta di comportamenti adeguati da parte delle imprese che intendono rispondere a questi nuovi bisogni: da una parte in termini di trasparenza nella gestione delle informazioni legate ai prodotti, alla produzione, alla

provenienza delle materie prime utilizzate, dall'altra al ruolo sociale e alle iniziative che contribuiscono a creare un prodotto o un servizio realmente sostenibile.

- Appare particolarmente significativo che addirittura un 83% degli intervistati esprima una chiara consapevolezza sull'importanza di un ripensamento dei prodotti ovvero di una attenzione complessiva ai temi del design di prodotto, alla scelta dei materiali, dei processi di produzione, delle soluzioni per gestire imballaggio e confezionamento. Questa consapevolezza si riflette anche nell'attenzione con cui il 79% del campione dichiara di controllare l'origine delle materie prime utilizzate per i prodotti che sta acquistando. Nel 39% l'attenzione è rivolta alle informazioni specifiche legate all'impatto ambientale della produzione a livello di risorse necessarie alla produzione. Una fetta molto consistente di consumatori è poi propensa a orientare le proprie scelte verso un nuovo approccio al fashion anche in termini di scelte di materie prime compatibili con l'ambiente e nel 54% dei casi dichiara di scegliere prodotti realizzati con materiali riciclabili.

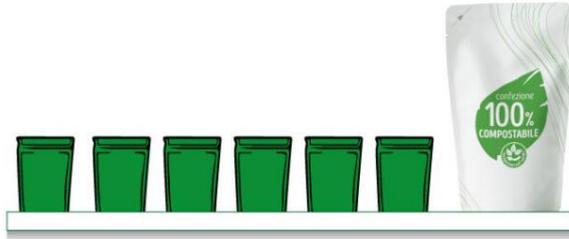
Se appare chiaro che la sensibilità e l'attenzione verso pratiche sostenibili sono sempre più diffuse e radicate appare altrettanto importante capire se i consumatori sono effettivamente disponibili a "pagare" per avere un prodotto più sostenibile. Dato che per arrivare a scegliere il valore della sostenibilità e accettare di pagare un prezzo maggiorato è necessario il presupposto della massima trasparenza e affidabilità sulle informazioni legate sia al prodotto sia al produttore. Con la garanzia di dati e informazioni lo studio condotto da SAP ci dice che tendenzialmente i consumatori premiano la sostenibilità, ovvero sono disposti a pagare prezzi più elevati.

I consumatori dicono di essere motivati da esperienze sostenibili che dimostrano nei fatti in che modo stanno aiutando l'ambiente. Se riesci a far vedere alle persone l'impatto che possono avere se scelgono il tuo prodotti, si sentiranno molto più coinvolte. Sappiamo che uno dei grossi ostacoli all'adozione di comportamenti sostenibili è riuscire a vedere la relazione tra le proprie azioni e le conseguenze a livello sociale.

Per l'acquisto di prodotti che sfruttino la tecnologia della refrigerazione magnetica è necessaria una spesa iniziale tendenzialmente maggiore rispetto ai competitor che utilizzano un altro tipo di motore, ma la risposta sostenibile sia a livello di impatto ambientale che dei consumi è sicuramente una garanzia e l'investimento effettuato sarà stato fruttuoso.

Uno dei consumatori finali di e-Flux sarà quindi sicuramente una persona interessata alle tematiche eco-sostenibili. Possiamo definirli **Green Buyers**.

Quanto la
sostenibilità è
entrata a far
parte nei nostri
criteri di scelta
dei prodotti?



Per il **70%** dei consumatori,
la sostenibilità è un **criterio di scelta**

Fonte: report di Deloitte The Conscious Consumer 2021
(parere di oltre 17.000 consumatori in 15 Paesi europei)



Il **64%** del campione di intervistati,
dice di voler sapere di più riguardo
alla sostenibilità dei prodotti

Fonte: Osservatorio Packaging, Nomisma

E-flux è un frigo che raggiunge una temperatura minima di circa 8°C ed è quindi destinato a conservare prevalentemente bevande e snack. L'utente non farà uso di questo prodotto per preparare pranzo o cena, ma per condividere momenti speciali insieme agli ospiti e ai propri cari o semplicemente per aver sempre a portata di mano una bottiglia d'acqua fresca o un bicchiere della bevanda che ama di più. Non solo, oggi lo smartworking è diventato una realtà solida e le persone che lavorano da casa sono aumentate. Lo studio o la camera da letto diventano zone della casa in cui viene dedicato molto tempo sia per lavorare nel senso più assoluto del termine che per la creazione di contenuti online. Le figure dei **content creator** e degli influencer infatti, sono da tempo diventate professioni importanti. Persone che svolgono svariate attività spesso in diretta streaming dove le faccende della quotidianità, anche le più intime come ad esempio mangiare, vengono svolte tutte nello stesso luogo, solitamente proprio la camera da letto.

Gli appassionati di vino sono sicuramente da prendere in considerazione, ma non sono il cluster più adatto all'acquisto di questo prodotto, in quanto spesso preferiscono mettere in esposizione attraverso una vetrina i propri vini, inoltre tendono ad comperare un frigorifero specializzato nella funzione di conservazione di questa bevanda e porlo in un luogo specifico.

La categoria di persone da prendere in esame sono i "casalinghi" intesi come quelli che si preoccupano molto per le questioni intime e personali, come la casa, la famiglia e la spiritualità. Sono amanti della compagnia ma apprezzano anche avere dei momenti da dedicare a se stessi in solitaria. Secondo Euromonitor International, uno dei nomi più importanti quando si tratta di strategia e consulenze sul mercato dei consumatori, possiamo definirli **Homebody**.

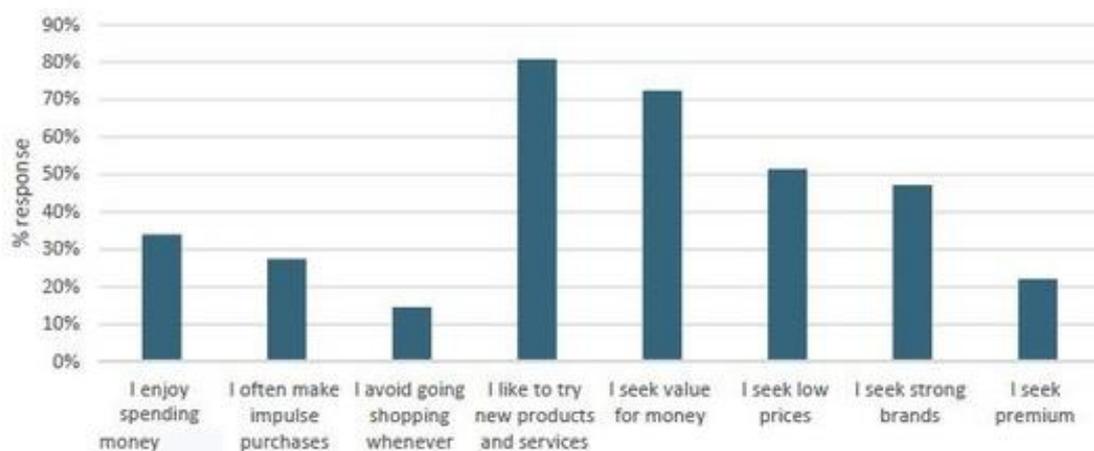
Il design di questo oggetto è certamente differente dai canoni dei frigoriferi presenti sul mercato attuale e scegliere qualcosa di particolare e significativo a livello di spazi, come questo prodotto, da inserire nel proprio ambiente personale, è sempre qualcosa di complicato da fare.

Per questo motivo è opportuno rivolgersi a persone abituate alla ricerca della novità, quindi che non fuggono di fronte all'idea di provare nuovi prodotti.

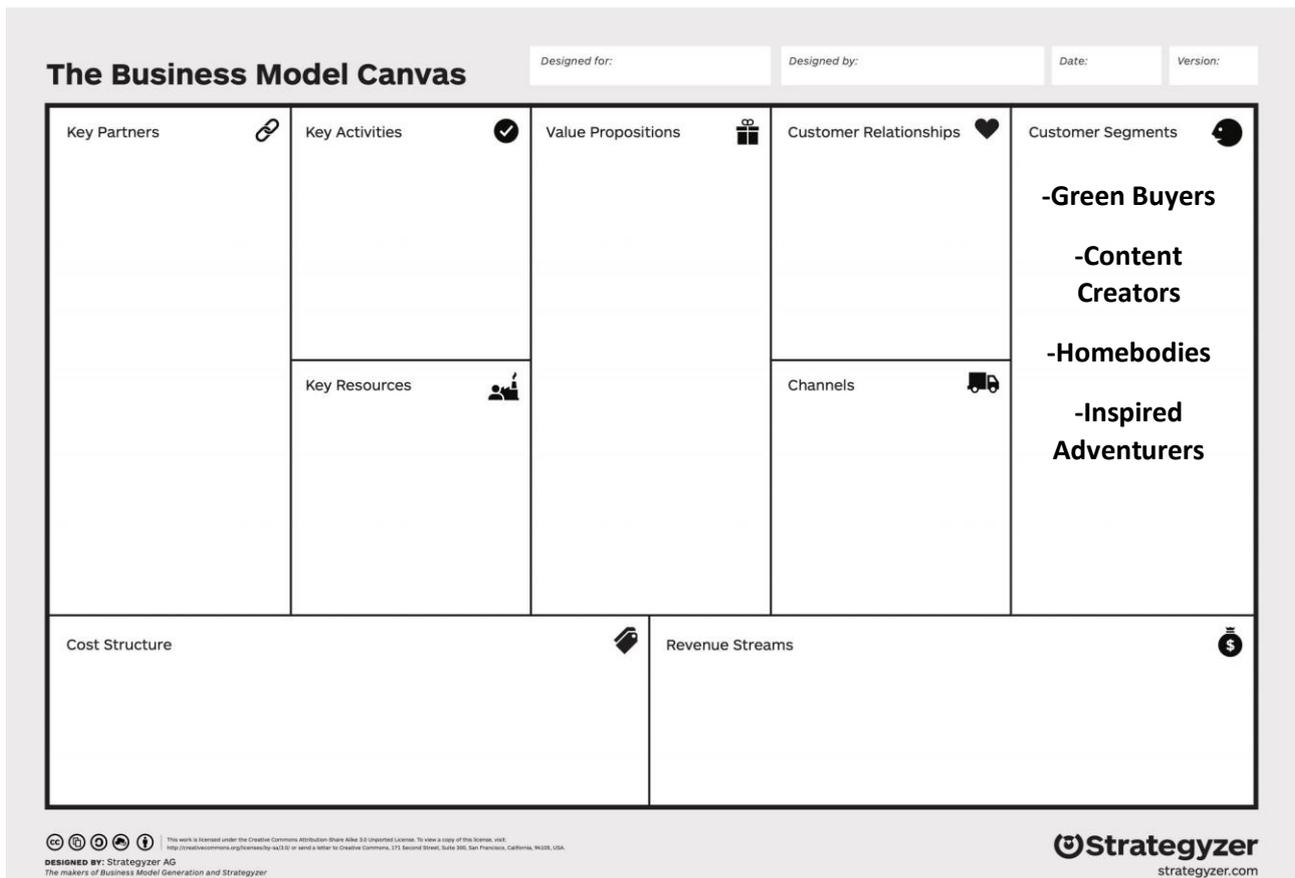
Si tratta di persone focalizzate sul futuro, attente a come spendono i loro soldi e desiderosi di realizzare obiettivi di vita più ampi, come trasferirsi all'estero o essere lavoratori autonomi. Apprezzano i prodotti di alta qualità e cercano attivamente il rapporto qualità-prezzo, anche se non sono molto fedeli ai marchi e sono propensi a provare nuovi prodotti. Vengono definiti **Inspired Adventurer**. In generale hanno il potenziale per essere un pubblico chiave per i nuovi marchi, i prodotti e le aziende private label che desiderano espandere la propria portata. Campagne di marketing incentrate su offerte "value for money" per prodotti e servizi premium e brand noti sono il veicolo più efficace per coinvolgere e convincere costoro.

Comprendere le abitudini di acquisto e le preferenze dei vari tipi di consumatori consente alle aziende, ai brand ed al trade di migliorare il modo in cui colpire efficacemente i loro clienti principali. Dalle motivazioni iniziali dello shopping alle influenze, ai canali utilizzati e all'acquisto finale, questi passaggi nel percorso di acquisto forniscono preziose informazioni su come raggiungere con successo il target di pubblico d'interesse. Attraverso l'identificazione e la definizione degli otto archetipi* di consumatore viene data una possibile risposta alla natura, alle motivazioni, e agli influenzatori nel processo di acquisto per ciascuno di questi.

**Anziché utilizzare i dati demografici tradizionali, il rapporto di Euromonitor, società internazionale di ricerche di mercato, "2018 Survey Results Using the Consumer Types to Understand the Path to Purchase", ha definito gli otto tipi di consumatori che definiscono il comportamento dell'acquirente.*



In conclusione, in un ipotetico Business Model Canvas, (Il Business Model Canvas consente di rappresentare visivamente il modo in cui un'azienda crea, distribuisce e cattura valore). Il business model canvas può sembrare uno strumento per manager di grandi aziende o per imprenditori di startup innovative d'oltreoceano, ma è in realtà uno strumento ideale per avere una visuale chiara e schematica di un qualsiasi progetto di business, dal nuovo prodotto che vogliamo produrre, alla riapertura della pizzeria sotto casa fino al grande progetto industriale. Il settore Customer Segment può essere rappresentato così:



DESIGN DELL' OGGETTO

Il rapporto tra oggetto e contesti muta continuamente. Sono i due termini in questione ad essere dinamici. Tuttavia tra oggetto e contesto, ovvero tra l'artefatto industriale e lo spazio costruito, si stabilisce un rapporto che è opportuno indagare criticamente. Citando Tonino Paris, che fu importante designer e architetto italiano: "Credo che nel sistema di relazioni tra lo spazio e il flusso dei prodotti da cui è attraversato, c'è una delle chiavi d'interpretazione del mondo contemporaneo." Ed ancora: "Con particolare attenzione all'architettura. Forme vagamente metafisiche e d'ignoto materiale o sono edifici come fossero oggetti, o sono oggetti come fossero edifici, o tornano ad essere edifici come oggetti. Si complessificano gli oggetti e gli edifici per il loro contenuto comunicativo e, insieme agli edifici, la città stessa assume forme ambigue e vaghe, trasformandosi nel luogo effimero della contaminazione e dei messaggi pubblicitari e, paradossalmente, più i contenuti delle tecnologie impiegate sono alti, più effimeri sono gli edifici e gli artefatti industriali." Oggi la contaminazione tra prodotto ed architettura si è fatta più evidente con la progressiva dematerializzazione della prima, l'accrescimento dei suoi livelli comunicativi e simbolici, l'accelerazione dei tempi di consumo, l'utilizzo di materiali propri della produzione industriale.

Lo studio della forma di "E-flux" comincia proprio dal connubio tra design del prodotto e design degli interni. L'oggetto che ha l'ambizione di farsi architettura.

Prendiamo come esempio una sedia: essa si colloca nel mondo come un piccolo movimento a bassa intensità, creando una sorta di microcosmo che la rende capace di instaurare una particolare relazione con gli ambienti nei quali viene inserita. Infatti in virtù della sua autonomia, la classica relazione contenitore-contenuto, principalmente gerarchica, lascia il posto a una relazione dialogica, quasi uno scambio di sguardi.

Quello dell'oggetto che si fa architettura è una tendenza presente nel design non solo contemporaneo, con il design italiano su tutti, si pensi al rapporto storico tra le due discipline. Dalla lampada Arzo di Achille Castiglioni come progenitore illustre fino al lavoro dei fratelli Bouroullec come il sistema Clouds per Kvadrat; ad alcuni interventi di Matali Crasset quali il sistema d'arredo Quand Jim Monte à Paris, o il divano Boa dei fratelli Campana per Edra; veri e propri oggetti-spazio. La personalità degli oggetti non dipende quindi solo dalle scelte e dalla volontà di chi li ha prodotti. Dipende soprattutto dalla successione di 'esperienze'... che essi hanno accumulato nel corso della loro esistenza. L'oggetto in tal modo incorpora un ruolo sociale che poi svolge, interpreta in maniera autonoma e 'creativa' rispetto al programma d'azione originario.

Successivamente alle ricerche effettuate in relazione ai contesti e agli spazi, è stata presa in analisi la funzionalità. Attraverso l'analisi funzionale è possibile considerare tutte le esigenze le quali ciò che si sta progettando dovrà soddisfare, che nella maggior parte dei casi influenzano notevolmente alcune scelte formali e tecnologiche.

Attraverso la seguente moodboard ho voluto creare una raccolta che racconta visivamente il processo creativo seguito durante le prime fasi progettuali. Le linee curve, le silhouette, i colori, la sensazione tattile, la semplicità, sono alcune delle caratteristiche prese in considerazione:



Il design di questo prodotto si sviluppa dunque seguendo le direzioni dell'ergonomia, delle tendenze del disegno industriale e delle linee guida che la sua funzione andranno a seguire. Essendo E-flux un frigo differente ed adattabile in diversi ambienti, sono stati fonte di ispirazione gli oggetti di uso comune che non hanno una specifica (o tradizionale) disposizione all'interno della propria casa o del proprio ufficio.

Oggetti come speaker bluetooth o purificatori d'aria sono un esempio, questo tipo di artefatti hanno la caratteristica comune di spostarsi continuamente nella propria abitazione a seconda delle proprie esigenze e possono trasformare l'atmosfera della stanza, spesso dando quel tocco di qualità e personalità in più diventando attori importanti dell'arredamento. Possiamo dunque riassumerne le caratteristiche principali in questi punti:

- con il loro impatto visivo forte possono caratterizzare al meglio qualsiasi ambiente;
- stanno bene nei contesti più diversi per stile, architettura, funzione, ubicazione;
- sono indispensabili per rendere lo spazio pratico e adatto alle più diverse attività;
- creano dinamismo visivo nelle stanze, soprattutto in quelle arredate con finiture e colori tono su tono che prediligono l'effetto monocromatico;

Ho voluto che il prodotto fosse elegante ma semplice allo stesso tempo, lo stile minimale e compatto sono peculiarità che caratterizzano principalmente il design contemporaneo.

La ricerca è stata focalizzata su elementi considerati importanti per fornire una sensazione piacevole e confortevole sia alla vista che al tatto. L'oggetto deve esprimere un certo fascino, invitarne l'utilizzo e costruire una relativa curiosità.

Quello che accomuna gli elementi raffigurati nella precedente moodboard è senza dubbio la fluidità, la lisciazza dei materiali, i colori dai toni delicati. Ma anche la percezione di vedere qualcosa di innovativo, di futuristico. È possibile definire chiaramente figure geometriche semplici poste all'interno di un sistema di linee definite e sinuose che si uniscono in una configurazione unica e solida, che non rinuncia a mettere in evidenza i dettagli principali dell'intero oggetto tecnico.

Sulla base di queste linee guida strutturali, sono state costruite le fondamenta della forma finale dell'oggetto. Un progettista deve pensare poi a che cosa succede quando un oggetto entra nel mondo delle persone. Gli utenti interagiscono con gli artefatti, attraverso la sinergia di tre diverse immagini mentali, la prima è l'immagine nella mente del designer "modello del designer", poi vi è quella che l'utente ha dell'apparecchio e del suo funzionamento "modello dell'utente" e la terza è l'immagine dell'intero sistema. La soluzione ideale è quella di coniugare i due modelli dovrebbero e, di conseguenza, l'utente dovrebbe comprendere ed usare l'oggetto in maniera appropriata.

La forma cilindrica si ispira inoltre alle vetrine di esposizione verticale situate nelle gelaterie e pasticcerie, figlia del concept ideato per il brief progettuale fornito per il precedente corso universitario come anticipato inizialmente.

Una volta delineati gli obiettivi progettuali, definiti i vincoli strutturali e analizzati contesto di utilizzo e spazi, è possibile progettare la forma finale del prodotto. Vediamo ora nel dettaglio come sono state risolte le criticità fondamentali per coniugare al meglio estetica e funzione.

- È molto importante studiare il primo l’impatto visivo che si ottiene al primo sguardo, è essenziale catturare l’attenzione e generare curiosità. L’oggetto appare come un peculiare cilindro, compatto, pulito e nasconde, in principio, le sue potenzialità.
Come espresso ampiamente nel primo punto degli obiettivi progettuale, ho voluto fornire una identità al prodotto, renderlo differente dagli altri e dargli una personalità costituendo elementi che lo caratterizzano, come una firma inequivocabile.
Ponendosi lateralmente rispetto al frigo, è possibile notare al meglio il primo elemento identificativo. La forma è caratterizzata da una linea che taglia la silhouette, salendo verso l’alto costruendo una curva semplice e lineare a prima vista, prolungandosi poi dietro a formare la colonna che compone il secondo elemento identificativo del design di e-Flux.
L’effetto ottenuto è un prodotto composto da diversi dettagli che dialogano tra di loro unendosi seguendo lo stesso linguaggio. Volevo che il frigo non fosse completamente “piatto”, come sono già tutti gli altri frigoriferi. E-Flux è in un certo senso anticonformista, si distacca in qualche modo dagli standard convenzionali, rendendosi riconoscibile.
- La colonna è il secondo elemento che più salta all’occhio nell’osservazione di questo prodotto e possiamo chiamarla tale per semplificare la narrazione dato che non si tratta effettivamente di una colonna nel senso più corretto del termine, in quanto è più corretto definirla come un onda o un dosso, prolungamento della forma stessa che si fonde con il cilindro portante.
Questo elemento ha la principale funzione di ospitare la parte elettronica dell’oggetto.
È fornito del pulsante di accensione, di tre attacchi usb, del display necessario per controllare temperatura, illuminazione e altri dati. Da esso fuoriesce poi il cavo per l’attacco alla presa elettrica. La parte piatta centrale è smontabile sia per eventuali manutenzioni che per personalizzazione, è stata infatti calcolata la possibilità di cambiare colore secondo le proprio preferenze. Il logo e nome del prodotto è ben visibile sulla sua superficie, mentre i bordi sono composti da led che scorrono lungo quasi tutta la silhouette, dando ulteriore carattere e personalità
- Per quanto riguarda la maniglia la soluzione più efficiente è quella applicata già da gran parte dei prodotti presenti sul mercato, ovvero una lunga maniglia distribuita verticalmente lungo tutta la superficie della porta. Nel caso di e-Flux, la presa sfocia leggermente al di sopra dell’altezza complessiva della struttura (come rappresentato qui sotto in figura), per garantire una maggiore ergonomia, avendo il prodotto un’altezza di poco più di 1 metro, deve essere semplice per l’utente aprire l’anta anche da in piedi.
L’anta scorre fluidamente appoggiandosi dolcemente su un binario lungo la circonferenza del frigo, evitando quindi apertura ad angolo, garantendo in questo modo un notevole guadagno di spazio soprattutto in caso il prodotto sia disposto in zone strette della stanza o affiancato a mobili che possono ostacolare la corretta apertura.

Sul lato è posto un piccolo pulsante a scatto che azionerà l'illuminazione interna del frigorifero non appena la porta verrà aperta. In fase di chiusura invece la porta si appoggia su dei magneti fornendo una chiusura ermetica.

- La base funge da culla per l'integrazione del motore della tecnologia magnetocalorica, le misure risultano più che sufficienti per ospitare l'interità dei componenti di refrigerazione e l'ingombo utile per il sistema di aggancio delle gambe smontabili che vanno a sostenere l'intera struttura, le quali verranno spiegate in dettaglio successivamente. Si sviluppa verticalmente a partire da un cerchio estruso.

Il sistema magnetocalorico non necessita generalmente di alcuna manutenzione ma sono comunque stati studiate procedure per poter accedere facilmente al motore.

I modi sono due: tramite la rimozione del più basso dei piatti interni oppure aprendo l'anta situata frontalmente alla base, serrata da due piccole viti.

La base è inoltre formata da due semicerchi, di cui la metà posteriore procede verso l'alto seguendo le curvature della struttura, tagliandosi in modo da permettere la collocazione del filtro. Piccoli sistemi di filtrazione sono posti anche collocati nella parte superiore della base come mostrato in figura (.).

- Il filtro è parte integrante del design, nei normali frigoriferi che si appoggiano direttamente al muro esso era nascosto, pertanto non era necessario alcun tipo di analisi progettuale.

In questo prodotto sarà certamente in vista, di conseguenza occorre dargli valore e dignità. Esso è visto spesso come un difetto inevitabile poiché la sua funzione non può essere ignorata. La filosofia da seguire in questi casi è quella di ottenere l'effetto opposto, metterlo bene in vista invece di occultarlo, renderlo uno dei protagonisti del concept.

È stata applicata una modesta texture formata da cerchi e asole per dare un tocco di personalità. Il materiale utilizzato è liscio e morbido in contrasto con il resto dei componenti. La parte esterna del filtro si distacca quindi dalla silhouette dell'oggetto, fornendo una spaccatura ideologica ma allo stesso tangibile alla monotonia cromatica della architettura e si inserisce all'interno dell'abbraccio creato dalla apertura della colonna verticale posta sul retro del prodotto, accogliendolo dolcemente

La superficie del filtro, infine, si collega direttamente alla zona sottostante della base, diventando essa stessa parte integrante del sostegno.

- Analizziamo ora gli interni del frigorifero. Sono presenti tre piatti di vetro trasparente e bordi in metallo. La distanza tra di essi è sufficiente per la collocazione di bottiglie di vino da 75 cl e di conseguenza anche gran parte delle altre bevande, con eccezione dell'ultimo piano, più adatto per bibite più corte come la birra. I piatti si appoggiano su sostegni posti ai lati della struttura interna e possono facilmente ruotare per permettere il più semplice raggiungimento degli alimenti posti sul retro. Ho ritenuto non necessario l'utilizzo di sistemi a rotelle per questa funzione in quanto i materiali utilizzati sono sufficientemente lisci e adatti per garantire lo scorrimento.

Al centro dei piatti inoltre sono agganciati dei tubi di metallo, i quali non servono per reggerli ma invece per permettere l'aggancio di semplici prese di plastica utili per sostenere le bottiglie in caso di movimento del frigo. Questi tubi sono anch'essi rimovibili in caso di necessità di pulire la superficie dei piatti. E-flux è un prodotto portatile all'occorrenza: di norma non è richiesto un continuo movimento del frigo ma in caso di bisogno è opportuno l'installazione di un sistema che possa stabilizzare le bottiglie.

- Un altro elemento identitario di e-Flux è sicuramente la zona situata sulla cima della struttura, la punta di diamante dell'intero prodotto. La parte superiore della struttura è concava, internamente è formata da un tronco di cono che si innalza leggermente, al suo centro è presente quindi un buco atto a contenere ghiaccio e una o più bottiglie. Questa caratteristica è uno dei componenti essenziali a risolvere l'obiettivo della condivisione di esperienza e convivialità. La funzione diventa quindi analoga ai recipienti utilizzati nelle feste.
La parte interna di questo recipiente si sviluppa verso il basso andando a incontrare il piatto più alto. L'acqua prodotta dallo scioglimento del ghiaccio si andrà poi a raccogliere sul fondo per poter poi essere rimossa.
La circonferenza del tronco di cono è accompagnata da un ulteriore led circolare che illumina la sezione superiore dando classe ed eleganza.
Quando il recipiente non viene utilizzato è coperto da un comodo tappo, che va a sigillare il buco evitando abbassamenti di temperatura. Il tappo è in legno, mentre la parte inferiore è contornata da una gomma di plastica che si inserisce facendo pressione.
Sopra di esso si possono appoggiare oggetti o eventualmente anche una lampada che è possibile collegare al sistema usb, trasformando effettivamente il frigo in un elegante tavolino multifunzione.
- L'ultima parte da analizzare sono le gambe della struttura, che hanno la funzione di innalzare e sostenere il frigo e soprattutto di garantire il suo spostamento grazie all'utilizzo di piccole rotelle. Sono state anch'esse studiate per poter essere smontabili nel caso si volesse posizionare il frigo su un mobile rialzato o per renderlo totalmente immobile.
Le gambe si sviluppano su forma conica, diviso in quattro sezioni collegate tra loro. Sono all'apparenza sottili e leggere ma sono in realtà solide e prestanti. Le sezioni si vanno a incontrare sulla sommità dove si collegano ad una forma cilindrica che andrà direttamente ad inserirsi nell'apposita concavità situata al di sotto della base, anche qua tramite un aggancio a scatto. In questa concavità infatti sono presenti due piccoli cilindri tagliati che si inseriscono nei due fori presenti nel cilindro che scorrendo si aggancia facilmente alla base, al suono di un "click". In questo modo le gambe rimangono salde alla struttura e in caso si volesse rimuoverle è possibile premere due bottoni che ritraggono i piccoli cilindri in dentro. Per risolvere il problema della trasportabilità, sono state pensate delle piccole sfere invece di ruote. La motivazione è molto semplice: le sfere possono essere più piccole e resistenti rispetto alle ruote, inoltre garantiscono movimento a 360° senza troppa fatica.

