

Matricola n. 0001055226

**ALMA MATER STUDIORUM**

**UNIVERSITA' DI BOLOGNA**

Scuola di Ingegneria e Architettura

Corso di laurea in Advanced Design

Aspire: un sistema innovativo e integrato di aspirazione fumi per piani cottura a gas

**Tesi di laurea in**

81877 – Materiali E Processi Per Il Prodotto Industriale

**Relatore**

Prof. Giampaolo Campana

**Presentata da**

Lorenzo Caprari

**Correlatore**

Prof. Mattia Mele,  
Prof. Dario Croccolo

**Sessione 16/12/2023**

**Anno Accademico 2022/2023**

*'Quiet is better than loud.'*

Dieter Rams

## Sommario

Introduzione .....	1
1. Mercato e settore industriale.....	2
2. Obiettivo e destinazione d'uso: sviluppo di un nuovo concetto di aspirazione.....	4
2.1 Società .....	5
2.2 Impatto ambientale .....	10
2.3 Economia.....	15
3. Tipologie di cappe aspiranti.....	18
4. Panoramica dei competitor .....	22
5. Problematiche attuali .....	25
6. Sistemi di aspirazione: il caso Dyson .....	29
7. Tecnologie implementate .....	32
7.1 Motori a corrente continua (Brushless, Brushed DC) e alternata (AC) .....	32
7.2 Turbo compressione .....	34
7.3 Gestione della fluidodinamica.....	36
7.4 Cancellazione attiva del rumore .....	38
8. Architettura del sistema .....	41
9. Dettagli tecnici.....	43
9.1 Dimensionamento del comparto aspirante e portata .....	43
9.2 Velocità di rotazione della girante .....	46
9.3 Tipologia di pala della girante .....	47
9.4 Manopola e display .....	49
9.5 Vasca di raccolta .....	51
9.6 Bruciatore, tubi per gas e valvola.....	52
9.7 Prototipazione.....	55
10. Costi .....	57
10.1 Costo di Trasformazione dei Materiali:.....	57
10.2 Costo degli Utensili Impiegati.....	57
10.3 Costo delle materie prime.....	58
11. Render ambientati .....	60
Conclusioni .....	68
Bibliografia .....	69

## Introduzione

Alla base di questo studio vi è la progettazione di un sistema di aspirazione avanzato per piani cottura a gas. Questo interesse nasce principalmente dell'esperienza formativa effettuata durante il tirocinio curricolare presso l'azienda *Steel Cucine* e dalla passione per l'argomento, ma anche dalla sfida offerta da un mercato altamente competitivo, con una vasta gamma di soluzioni.

Lo studio è strutturato in 11 capitoli, ciascuno dedicato a un aspetto specifico. Il primo offre un'introduzione al mercato e all'industria delle cucine. Nel secondo vengono delineati gli obiettivi e le prospettive di utilizzo del progetto. Il terzo capitolo si focalizza sulle differenti tipologie di cappe aspiranti, mentre il quarto esamina i competitor nel settore. Il quinto capitolo affronta le problematiche attuali dei sistemi di ventilazione casalinghi, seguito da un approfondimento sul trasferimento tecnologico grazie al caso James Dyson nel successivo. Il settimo capitolo esplora le tecnologie implementate, tra cui motore brushless, turbo compressione, fluidodinamica e cancellazione attiva del rumore.

Le sezioni seguenti si sviluppano in modo più tecnico, con l'ottavo capitolo che presenta l'architettura del progetto "*Aspire*", seguito dalla sua descrizione dettagliata nel nono. Il decimo paragrafo affronta i costi di processo e l'undicesimo fornisce una visione più estetica del progetto attraverso una serie di render ambientati.

In conclusione, come verrà osservato nel capitolo finale, grazie alla revisione della letteratura scientifica e al processo di trasferimento tecnologico da altri settori, è stato possibile applicare ad "*Aspire*" tecnologie ed accorgimenti in grado di migliorare l'esperienza di utilizzo e di fruizione in favore dell'utente finale.

## 1. Mercato e settore industriale

L'azienda "Steel Cucine" nasce "dall'idea imprenditoriale dei fratelli Po, che, partendo dall'esperienza accumulata nell'azienda di famiglia, si pongono l'obiettivo di creare qualcosa di nuovo: un prodotto domestico con prestazioni professionali. Nel 2022, a 100 anni dall'inizio di questa tradizione, Steel impiega la quarta generazione della famiglia, è distribuita in 50 Paesi in tutto il mondo e produce elettrodomestici di alta gamma che combinano elevate prestazioni, tecnologia e design" ( Steel Cucine, 2022).

Grazie al team di progettazione che opera in azienda, all'interno dell'esperienza di tirocinio sono state affrontate diverse tematiche, tra cui la progettazione CAD dei vari componenti che compongono le cucine (piani cottura, traversi, distanziali, coperture e strutture per il montaggio) e ne sono state affrontate le possibili problematiche che si verificano nelle fasi di progettazione.



Figura 1: Cook unit e Forni da incasso, Steel Cucine

L'azienda si inserisce nel mercato delle "cucine prefabbricate in moduli standard, uniti insieme per creare un piano cucina personalizzato. Questi sistemi modulari spesso incorporano armadi, cassetti, scaffali e altre soluzioni di stoccaggio, nonché attrezzature come piani cottura, forni e frigoriferi." (Market Zion, 2023).

Il settore delle cucine ha subito profondi cambiamenti nel corso degli anni, talvolta radicali. Uno spazio la cui unica funzionalità era quella di preparare degli alimenti, si è evoluto ad ambiente di

convivialità e di gusto estetico.

“Ognuno ha in casa propria un luogo dove si rifugia più spesso, dove sta meglio: la cucina è diventata proprio questo, un posto dove si sta insieme il più possibile e non certo solo per preparare e consumare i pasti. L'ambiente domestico, luogo del benessere per eccellenza, viene pensato sempre più come dimensione privilegiata per il contatto sociale, dove interagire e condividere passioni e gusti con la famiglia, ma, soprattutto con gli amici. Non è un caso se oggi anche l'organizzazione architettonica delle nuove abitazioni preveda cucine sempre più aperte e comunicanti con il resto della casa, in special modo con la zona living, che acquista una nuova centralità. Proprio qui, infatti, avviene l'intrattenimento fine a sé stesso, la comunicazione interna della famiglia e quella con gli ospiti” (Scavolini).



*Figura 2: Sistemi modulari Indoor e Outdoor, Steel Cucine*

Lo sviluppo del settore si deve a diversi fattori, quali “l’urbanizzazione, il cambiamento degli stili di vita e la tendenza verso spazi dedicati e influenzati dalle tendenze stilistiche”, ma anche all’impiego di “materiali eco-compatibili, tecnologia smart home e la crescente popolarità dei progetti di cucina open-plan” (Market Zion, 2023).

## **2. Obiettivo e destinazione d'uso: sviluppo di un nuovo concetto di aspirazione**

Durante il periodo di tirocinio, sono stati osservati da vicino componenti che l'azienda acquistava da fornitori esterni per integrarli nei propri prodotti. Uno degli aspetti più affascinanti è stato il settore dell'aspirazione, composto da cappe aspiranti, elementi cruciali nei sistemi di ventilazione delle cucine. Queste hanno generato una serie di curiosità, in particolare riguardo al livello di rumore prodotto, al loro posizionamento e alla loro efficienza, che, talvolta, non sembra essere ottimale. Focalizzandosi poi sui sistemi di aspirazione integrati ai piani cottura, sono sorte ulteriori problematiche, affrontate successivamente.

La seguente tesi si pone come obiettivo lo sviluppo di un nuovo concetto di aspirazione. Partendo dalle domande precedenti, infatti, si indagherà sull'impatto sociale, ambientale ed economico dei sistemi di aspirazione attuali, mettendoli a confronto con il nuovo.

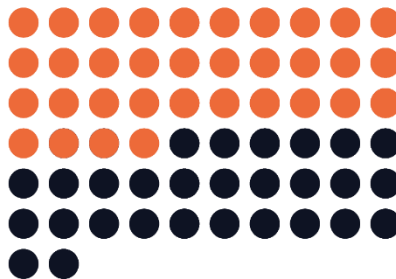
## 2.1 Società

Per verificare la valutazione dei consumatori rispetto alle cappe aspiranti tradizionali, è stato condotto un breve sondaggio, dove sono stati posti quesiti inerenti sia lo stato dell'arte attuale che eventuali proposte future.

### *Fasce demografiche:*

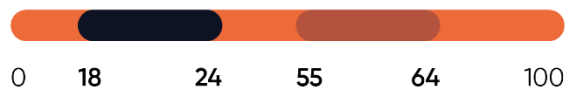
Nel corso dell'analisi condotta su un campione di 62 individui, sono state raccolte le seguenti informazioni demografiche: la maggioranza dei partecipanti si colloca nella fascia di età compresa tra i 18 e i 24 anni (63%), seguita da individui tra i 55 e i 64 anni (16,1%). L'identificazione di genere mostra una leggera prevalenza femminile (54,8%) rispetto a quella maschile (45,2%).

62 intervistati



54,8% identificazione femminile, 45,2% maschile

Età

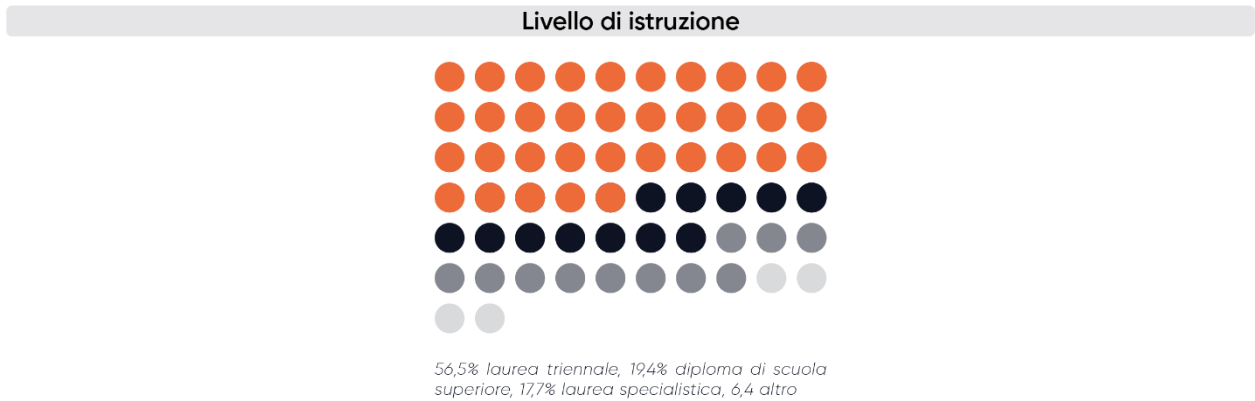


63% età compresa tra 18 e 24 anni, 16,1% età compresa tra 55 e 64 anni



*Livello di istruzione e occupazione:*

Dal punto di vista dell'istruzione, la maggioranza degli intervistati possiede una laurea triennale (56,5%), seguita da coloro con una laurea specialistica o superiore (17,7%). L'occupazione principale è rappresentata da studenti (71%), seguiti da individui con lavoro a tempo pieno (12,9%).

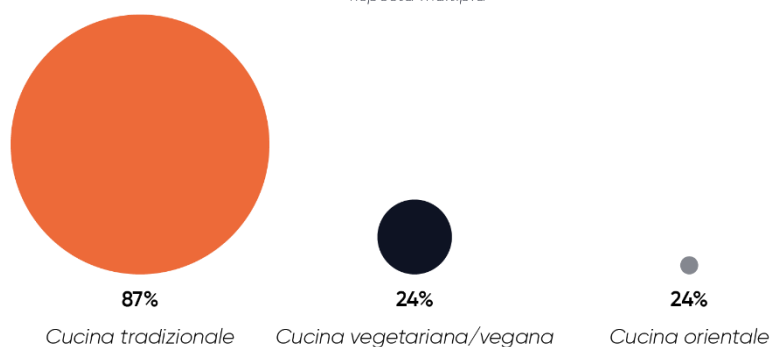


## Preferenze e abitudini in cucina:

La cucina tradizionale risulta essere la preferita dalla prevalenza degli intervistati (87,1%), seguita da una percentuale minore di cucina vegetariana/vegana (24,2%) e orientale (6,5%). Le strutture più comuni delle cucine degli intervistati sono quelle separate (56,5%) seguite dalle cucine a pianta aperta (32,3%). Il tempo trascorso in cucina varia, con la maggioranza che dedica da 1 a 2 ore al giorno (48,4%) e il 74,2% che cucina ogni giorno.

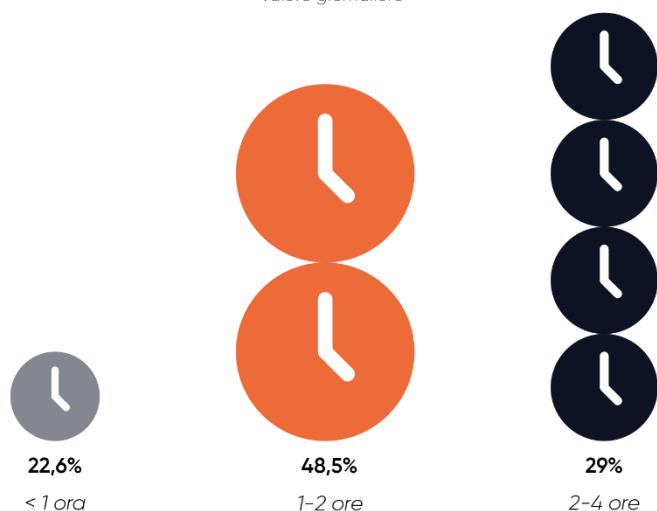
### Preferenze in cucina

\*risposta multipla



### Tempo trascorso in cucina

\*valore giornaliero



### Frequenza

\*valore giornaliero

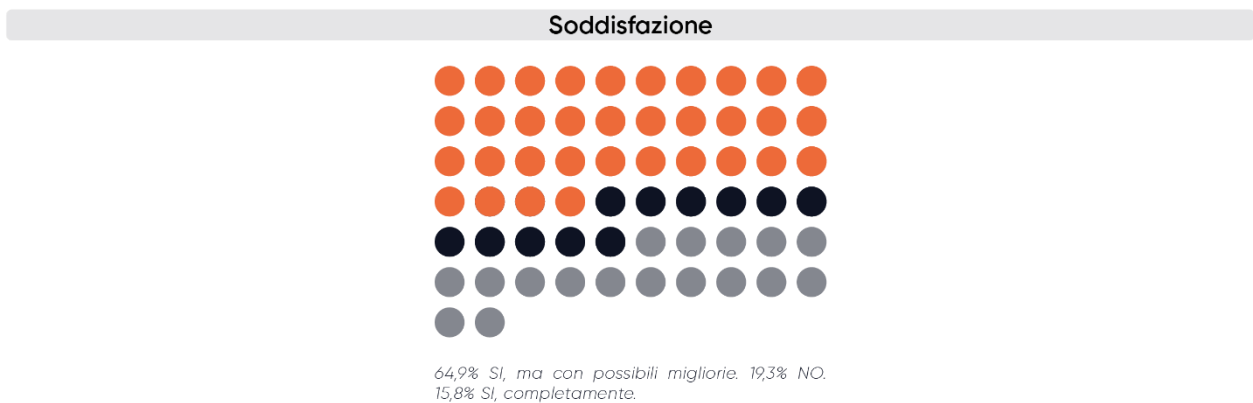


### Utilizzo di sistemi di aspirazione:

La maggior parte (91,9%) degli intervistati ha dichiarato, inoltre, di aver utilizzato almeno una volta un sistema di aspirazione per la cucina, mentre l'8,1% ha affermato di non averne mai fatto uso.

### Soddisfazione:

Il 64,9% degli intervistati si è espresso a favore di un miglioramento del proprio sistema di aspirazione, mentre il 15,8% si è dichiarato completamente soddisfatto. Il restante 19,3% ha espresso insoddisfazione nei confronti del sistema attuale.



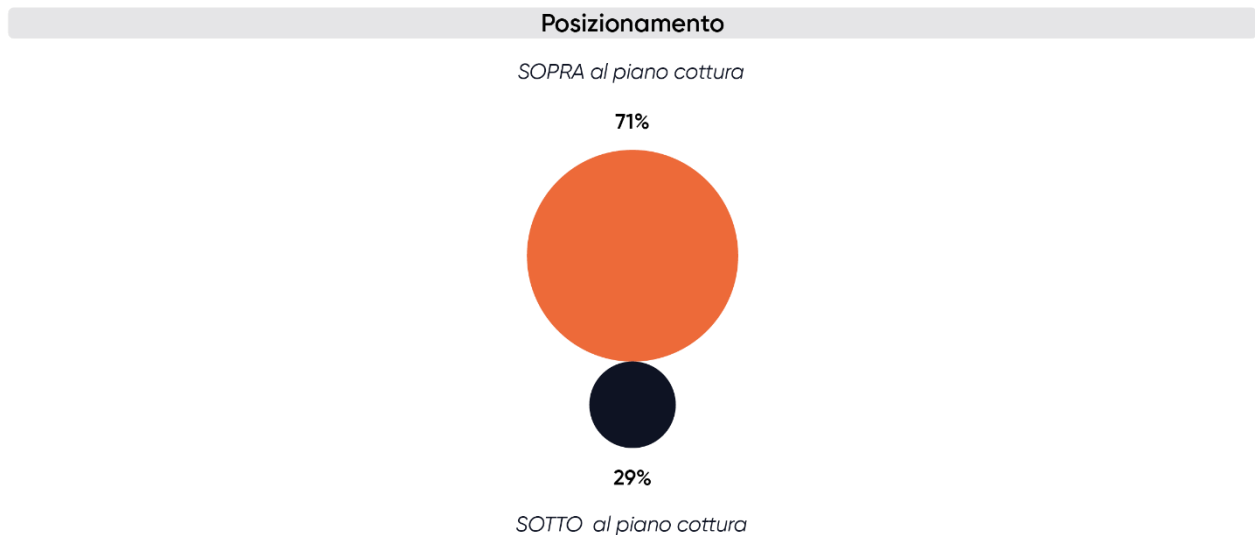
### Caratteristiche di un sistema di aspirazione:

L'efficienza nell'eliminare odori (valutata con una media di 4,1 su una scala da 1 a 5), la riduzione dell'umidità e della condensa (media di 3,3) e la facilità di pulizia e manutenzione (media di 4,1) sono risultati essere tra gli aspetti più importanti per gli intervistati. Anche il livello di rumore durante il funzionamento (media di 3,3) e l'integrazione estetica con il design della cucina (media di 3,2) hanno ricevuto valutazioni significative.



### Posizionamento:

Il 71% degli intervistati preferisce il posizionamento tradizionale della cappa sopra al piano cottura. Riguardo all'estetica delle cappe attualmente disponibili, il 56,5% delle risposte valuta una possibilità di miglioramento delle cappe aspiranti attualmente presenti sul mercato.



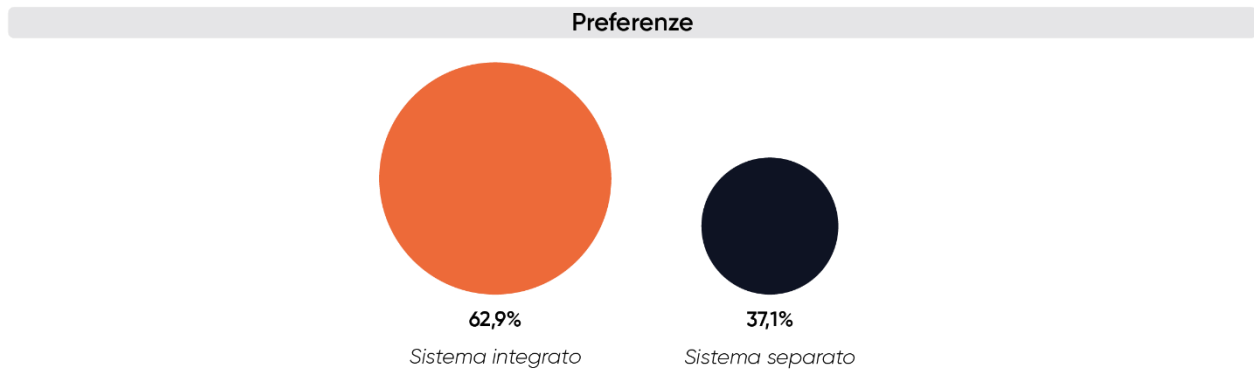
### Funzionalità desiderate nei sistemi futuri:

Tra le funzionalità desiderate per i futuri sistemi di aspirazione, gli intervistati hanno espresso interesse verso una migliore illuminazione (media di 3,4), sistemi di filtraggio avanzati (media di 3,8), sensori intelligenti (media di 3,2), controlli smart e integrazione con assistenti vocali (media di 2,9) e materiali e rivestimenti innovativi (media di 3,4).



### *Preferenze:*

Il 62,9% degli individui predilige un sistema integrato nel design della cucina, mentre il 37,1% opterebbe per un sistema separato e personalizzabile.



La sintesi dei dati forniti attraverso il questionario si traduce in una panoramica approfondita delle preferenze degli utenti, evidenziando gli aspetti critici e le diverse aspettative per i futuri sistemi di aspirazione per la cucina.

## **2.2 Impatto ambientale**

Per valutare l'impatto ambientale dei sistemi aspiranti, sono stati esaminati consumi ed efficienza energetica, materiali, componenti e ciclo di vita.

Le classi di efficienza delle cappe da cucina per uso domestico sono determinate attraverso quattro unità di misura (Regolamento delegato (UE) N. 65/2014 della commissione, 2014):

- L'indice di efficienza energetica (EEI hood)
- L'indice di efficienza fluidodinamica (FDE hood)
- L'indice di efficienza luminosa (LE hood)
- L'indice di efficienza di filtraggio dei grassi (GFE hood)

Per ciascuna unità di misura, sono indicati dei valori minimi e massimi, ai quali corrisponde una lettera che ne indica la corrispondenza ad una determinata classe.

Di seguito sono riportate le quattro tabelle suddivise per indice di efficienza e classe energetica (Regolamento delegato (UE) N. 65/2014 della commissione, 2014).

Tabella 1: Classi di efficienza energetica delle cappe da cucina per uso domestico

Classe di efficienza energetica	Indice di efficienza energetica ( $EEI_{hood}$ )			
	Etichetta 1	Etichetta 2	Etichetta 3	Etichetta 4
A+++ (efficienza massima)				$EEI_{hood} < 30$
A++			$EEI_{hood} < 37$	$30 \leq EEI_{hood} < 37$
A+		$EEI_{hood} < 45$	$37 \leq EEI_{hood} < 45$	$37 \leq EEI_{hood} < 45$
A	$EEI_{hood} < 55$	$45 \leq EEI_{hood} < 55$	$45 \leq EEI_{hood} < 55$	$45 \leq EEI_{hood} < 55$
B	$55 \leq EEI_{hood} < 70$	$55 \leq EEI_{hood} < 70$	$55 \leq EEI_{hood} < 70$	$55 \leq EEI_{hood} < 70$
C	$70 \leq EEI_{hood} < 85$	$70 \leq EEI_{hood} < 85$	$70 \leq EEI_{hood} < 85$	$70 \leq EEI_{hood} < 85$
D	$85 \leq EEI_{hood} < 100$	$85 \leq EEI_{hood} < 100$	$85 \leq EEI_{hood} < 100$	$EEI_{hood} \geq 85$
E	$100 \leq EEI_{hood} < 110$	$100 \leq EEI_{hood} < 110$	$EEI_{hood} \geq 100$	
F	$110 \leq EEI_{hood} < 120$	$EEI_{hood} \geq 110$		
G (efficienza minima)	$EEI_{hood} \geq 120$			

Tabella 2: Classi di efficienza fluidodinamica delle cappe da cucina per uso domestico

Classe di efficienza fluidodinamica	Efficienza fluidodinamica ( $FDE_{hood}$ )
A (efficienza massima)	$FDE_{hood} > 28$
B	$23 < FDE_{hood} \leq 28$
C	$18 < FDE_{hood} \leq 23$
D	$13 < FDE_{hood} \leq 18$
E	$8 < FDE_{hood} \leq 13$
F	$4 < FDE_{hood} \leq 8$

G (efficienza minima)	$FDE_{hood} \leq 4$
-----------------------	---------------------

Tabella 3: Classi di efficienza luminosa delle cappe da cucina per uso domestico

Classe di efficienza luminosa	Efficienza luminosa ( $LE_{hood}$ )
A (efficienza massima)	$LE_{hood} > 28$
B	$20 < LE_{hood} \leq 28$
C	$16 < LE_{hood} \leq 20$
D	$12 < LE_{hood} \leq 16$
E	$8 < LE_{hood} \leq 12$
F	$4 < LE_{hood} \leq 8$
G (efficienza minima)	$LE_{hood} \leq 4$

Tabella 4: Classi di efficienza di filtraggio dei grassi delle cappe da cucina per uso domestico

Classe di efficienza di filtraggio dei grassi	Efficienza di filtraggio dei grassi (%)
A (efficienza massima)	$GFE_{hood} > 95$
B	$85 < GFE_{hood} \leq 95$
C	$75 < GFE_{hood} \leq 85$
D	$65 < GFE_{hood} \leq 75$
E	$55 < GFE_{hood} \leq 65$
F	$45 < GFE_{hood} \leq 55$
G (efficienza minima)	$GFE_{hood} \leq 45$

Componenti essenziali per il corretto funzionamento dell'apparato aspirante sono i filtri, il motore e una scelta corretta dei materiali.

La struttura filtrante è composta, solitamente, da due tipologie di filtri:

- *A carbone*; “sono necessari solo nelle cappe aspiranti a ricircolo dell'aria. Nelle cappe a scarico dell'aria (aspiranti) non sono indispensabili, poiché il vapore di cottura carico di

sostanze maleodoranti viene convogliato all'aperto. In un filtro ai carboni attivi le sostanze odorose vengono trattenute (assorbite) dalla superficie del carbone. Affinché possa essere filtrata la maggiore quantità possibile di sostanze odorose è necessario, in primo luogo, che la superficie dei carboni sia molto ampia. Questo è garantito dal fatto che le particelle di carbone sono piccole (sezione: 3–4 mm), ma anche porose o attraversate da tanti sottili canali” (Electrolux, 2021-2022).

“A determinarne la durata sono la frequenza di utilizzo dell'elettrodomestico e la quantità di aria “non pulita” che viene filtrata” (BSH Elettrodomestici S.p.A., s.d.).



Figura 3: Filtri a carbone di tipologie differenti, Faber

- *Antigrasso*; “Sono realizzati in modo da assorbire le particelle di grasso contenute nel vapore di cottura e trasportate dal flusso di aria. I grassi vengono quindi sottratti al vapore di cottura in modo da proteggere l'intera cucina, ma anche la stessa cappa aspirante, in particolare il motore e le condotte di scarico, dalla formazione di depositi di grasso. Se sono nuovi o ben puliti tutti i filtri antigrasso non si incendiano o sono difficilmente infiammabili e possiedono proprietà autoestinguenti. [...] I filtri antigrasso devono essere puliti regolarmente. Ciò è necessario da un lato per evitare depositi di sostanze grasse indesiderati e non igienici, dall'altro per ridurre al minimo il rischio che i grassi prendano fuoco. [...] Più il filtro è spesso, maggiore è la resistenza e minore il rendimento: la portata dell'aria diminuisce e la cappa diventa normalmente più rumorosa” (Electrolux, 2021-2022).



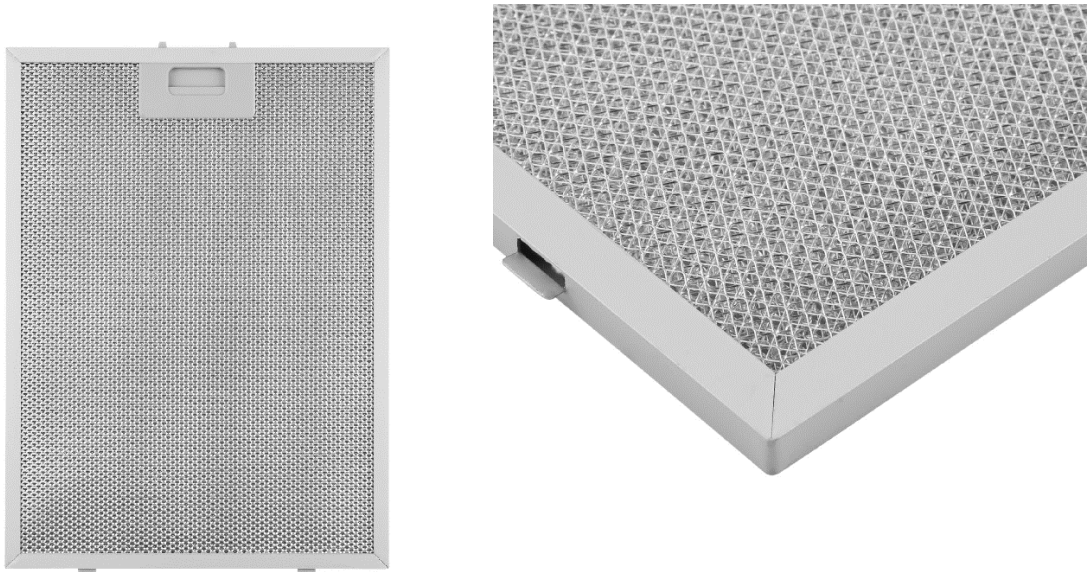


Figura 4: Filtri Antigrasso, Klarstein

Nella costruzione di un macchinario aspirante, la scelta dei materiali è fondamentale per garantirne la durata, l'efficienza e la sicurezza, oltre che a contribuire all'estetica generale della cucina. I materiali utilizzati devono essere resistenti al calore, all'umidità e all'usura in modo tale da consentire una facile pulizia e manutenzione. I materiali più comunemente impiegati sono:

- *Acciaio Inox*; facile da pulire, resistente al calore e esteticamente gradevole.
- *Vetro Temperato*; spesso utilizzato per il pannello frontale, contribuisce a un design moderno e pulito. Anch'esso è resistente al calore e facile da pulire.
- *Alluminio*; leggero e resistente, viene spesso utilizzato per parti strutturali o per rivestimenti.
- *Plastica ABS*; leggera, resistente al calore e facilmente modellabile. Può essere utilizzata per parti non esposte al calore diretto.
- *Rame*; viene impiegato per un'estetica più tradizionale ed elegante. Ha ottime proprietà di conduzione del calore, ma richiede manutenzione per preservarne l'aspetto.
- *Policarbonato*; spesso usato per parti trasparenti poiché più economico del vetro.

Infine, la scelta di un motore silenzioso e performante è vincolante per un utilizzo efficace ma confortevole dell'apparato. Non solo, come detto in precedenza, per un'ottima efficienza energetica e maggiori performance nell'utilizzo, ma anche per creare un ambiente più confortevole e rilassante, migliorando l'esperienza complessiva in cucina. Questo risultato si ottiene, nei sistemi più recenti grazie ad un "silenziosissimo motore Brushless, che garantisce prestazioni stabili a livello di maggior rendimento e migliore dissipazione

termica in qualsiasi condizione di utilizzo. In questo caso si parla dell'85% in meno dei consumi (kW/h) alle velocità medio-basse e del 35% in meno alle alte velocità, riduzione che evita l'emissione in atmosfera di 288 chilogrammi di CO2 all'anno" (Faber S.p.A, 2023).



Figura 5: Motori Brushless, Faulhaber

## 2.3 Economia

Dal lato economico, sono stati osservati fattori ulteriori, tra cui consumi energetici, durata e ciclo di vita, assistenza, manutenzione, incentivi e agevolazioni fiscali.

“Considerando [...] una cappa da parete con una potenza di 250W e una potenza nominale del sistema d’illuminazione a LED di 5W, i consumi ed i relativi costi annuali per l’energia elettrica” (ENEA, 2021) si traducono nella seguente tabella:

Classe	Consumo kWh/anno	Costo per l’energia elettrica (*€/anno)
A +++ (efficienza massima)	Inferiore a 47	Inferiore a 9€
A ++	da 59 a 47	da 11 a 9€
A +	da 71 a 59	da 14 a 11 €
A	da 87 a 71	da 17 a 14 €

B	da 111 a 87	da 21 a 17 €
C	da 135 a 111	da 26 a 21 €
D	Uguale/Superiore a 135	Uguale/Superiore a 26 €

Rimane, dunque, un elettrodomestico la cui spesa annuale è contenuta, soprattutto grazie ai bassi consumi e all'utilizzo di un numero di componenti interne limitato. La sua manutenzione, inoltre, non richiede un impegno eccessivo in quanto, generalmente, i sistemi di aspirazione sono architetture semplici e scomponibili facilmente.

Ciononostante, è consigliato, altresì dai produttori stessi, effettuare una pulizia regolare, la sostituzione (come detto in precedenza) dei filtri ed eventuali verifiche alle connessioni elettriche, al sistema di scarico e ai singoli componenti elettronici, come luci e interruttori. Per una pulizia efficace, è sufficiente “eliminare le impurità con una spugna umida e poco sapone neutro, risciacquare con un panno umido, asciugare con un panno morbido (se la cappa è Inox, seguire la satinatura del metallo) e pulire il condotto interno della cappa una volta l'anno (Faber S.p.A, s.d.).

Le singole attività di controllo e manutenzione contribuiscono al mantenimento della cappa aspirante in condizioni ottimali e ne garantiscono un lavoro efficace nella purificazione dell'aria e nella rimozione delle sostanze indesiderate. Ulteriormente, una cura adeguata è essenziale per l'estensione dell'intera durata del prodotto, al fine di ridurre eventuali riparazioni da parte del produttore. Le specifiche procedure di assistenza e manutenzione possono, però, variare a seconda del modello e del produttore della cappa aspirante; è, quindi, consigliabile consultare il manuale utente per istruzioni più dettagliate relative ad uno specifico apparecchio.



*Figura 6: Pulizia di una cappa aspirante, FiltroCappa*

Per la promozione di soluzioni sostenibili ed efficienti in ambito domestico, è stato introdotto il *bonus mobili ed elettrodomestici* ed esteso (ad oggi) sino al 2024. Questo incentivo assume la forma di detrazione fiscale, consentendo agli acquirenti la deduzione di una percentuale del costo di acquisto dall'imposta sul reddito, rendendo mobili ed elettrodomestici accessibili e maggiormente efficienti dal punto di vista energetico. Il *bonus mobili ed elettrodomestici* consiste in una "detrazione Irpef per l'acquisto di mobili e di grandi elettrodomestici, destinati ad arredare un immobile oggetto di ristrutturazione. La detrazione va calcolata su un importo massimo di 8.000 euro per l'anno 2023 e di 5.000 euro per il 2024, comprensivo delle eventuali spese di trasporto e montaggio, e deve essere ripartita in dieci quote annuali di pari importo. [...] Può beneficiare della detrazione chi acquista entro il 31 dicembre 2024 mobili ed elettrodomestici nuovi" (Ministero dell'Economia e delle finanze, 2023).

I programmi di detrazione sono un chiaro esempio di come la legislazione e la sostenibilità possano viaggiare su tracciati paralleli per portare vantaggi e benefici tangibili alle persone che ne usufruiscono. Oltre a favorire una migliore qualità dell'aria e un dispendio energetico inferiore, gli incentivi fiscali riflettono un impegno collettivo per costruire un futuro più responsabile verso l'ambiente.



Figura 7: Bonus mobili ed elettrodomestici, Fenalca

### 3. Tipologie di cappe aspiranti

Esistono vari fattori da considerare nella scelta del sistema di aspirazione ideale per la propria cucina, tra cui: “la tecnologia che ne regola il funzionamento (aspirante o filtrante), la posizione nella quale verrà collocato, l’estetica e importanti requisiti tecnici” (Leroy Merlin, 2022).

Per questo motivo, le cappe da aspirazione possono essere catalogate come:

- *Da incasso e sottopensile*; poste sopra al piano cottura, si integrano perfettamente con la cucina e sono difficilmente visibili dall’esterno.



Figura 8: Vari modelli di cappe da incasso, Elica

- *Da arredo*; installate a parete, ad angolo, a soffitto o sopra ad un piano cottura a isola, uniscono funzionalità ed estetica nell’ambiente della cucina.

Installate a parete, sono posizionate verticalmente sopra il piano cottura, offrendo una soluzione classica. Installate ad angolo, invece, sfruttano efficacemente lo spazio a disposizione, risultando particolarmente utili in quegli spazi disposti angolarmente o con piante aperte. Infine, installate a soffitto, risultano sospese al di sopra di un piano cottura, solitamente posto al centro della stanza. Tale soluzione crea un punto focale visivo e funzionale nell’area della cucina.

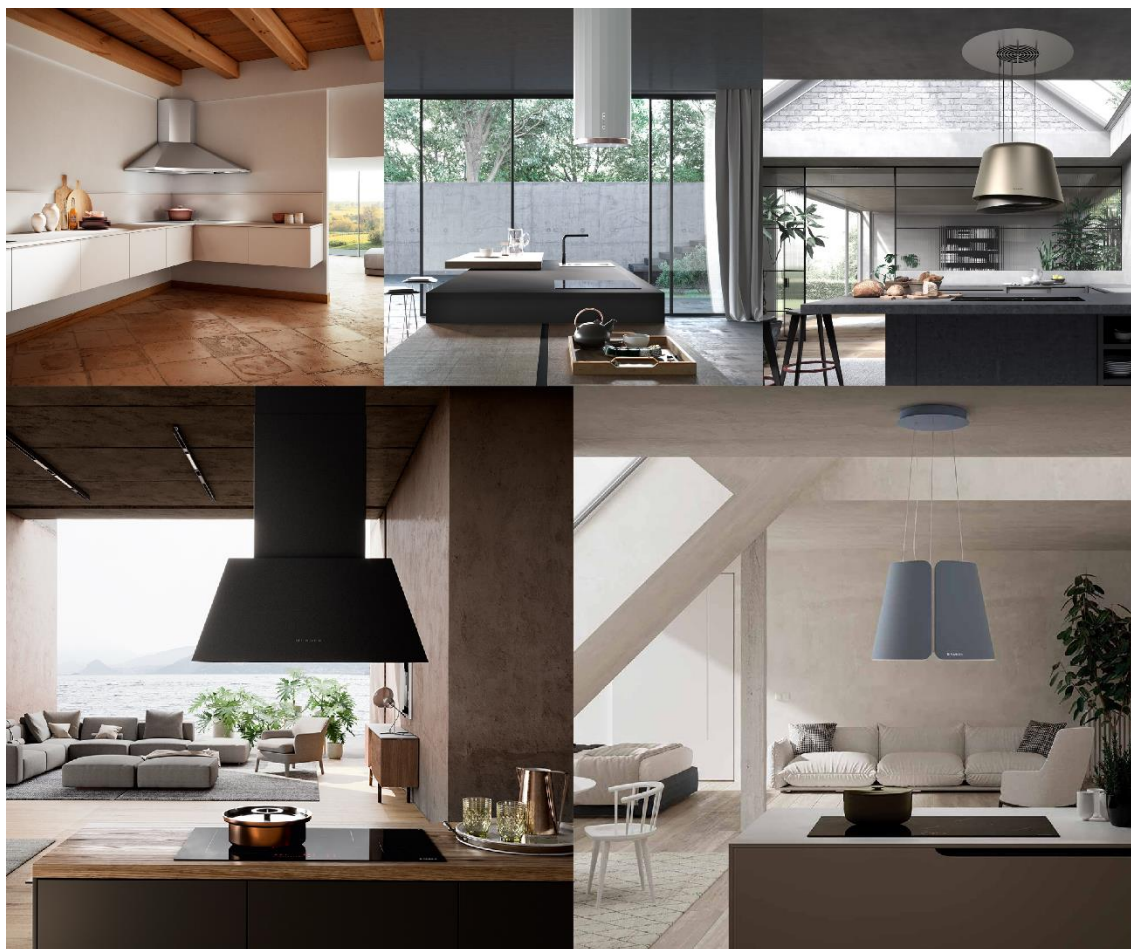


Figura 9: Vari modelli di cappe d'arredo, Faber

Un'ulteriore suddivisione avviene a seconda del percorso compiuto dall'aria che viene aspirata:

- *Cappa aspirante*; “serve per catturare i vapori e gli odori prodotti dagli alimenti che si cucinano e convogliarli all'esterno dell'abitazione. [...] L'aria aspirata, satura di vapori e di odori, passa attraverso un sistema di filtri antigrasso che la purifica. [...] l'aria aspirata viene convogliata all'interno del tubo collegato al camino che la porta all'esterno. Grazie alla loro azione, le cappe aspiranti catturano l'aria viziata e la eliminano definitivamente, contribuendo attivamente a diminuire l'inquinamento domestico. [...] L'installazione di questo tipo di cappa rispetto alla cappa filtrante presenta un unico svantaggio: il montaggio richiede uno studio complesso di canalizzazioni che devono convogliare l'aria verso la canna fumaria o verso l'esterno”. (BSH Elettrodomestici S.p.A., s.d.)
- *Cappa filtrante*; “si installa in una cucina in cui non è presente uno scarico verso l'esterno. [...] preleva, filtra e purifica l'aria così da trattenere gli odori, i fumi e i grassi che si sprigionano in cucina durante la preparazione dei pasti e restituisce aria pulita nello stesso ambiente. [...] l'aria raccolta dalla cappa filtrante viene reimpressa nello stesso ambiente.

[...] la normativa prevede che essa venga abbinata a dei sistemi di ventilazione ausiliaria, quali elettroventilatori e fori di ventilazione, per consentire un maggiore e più efficiente ricambio dell'aria” (BSH Elettrodomestici S.p.A., s.d.).

“La cappa aspirante dovrebbe rimanere in funzione per circa 10 minuti dopo la cottura, per rimuovere eventuali odori ancora presenti e far essiccare il filtro antiodore. Le cappe aspiranti a ricircolo dell'aria sono presenti nelle cucine e nelle abitazioni in cui per motivi edili non è possibile convogliare l'aria all'esterno” (Electrolux, 2021-2022).

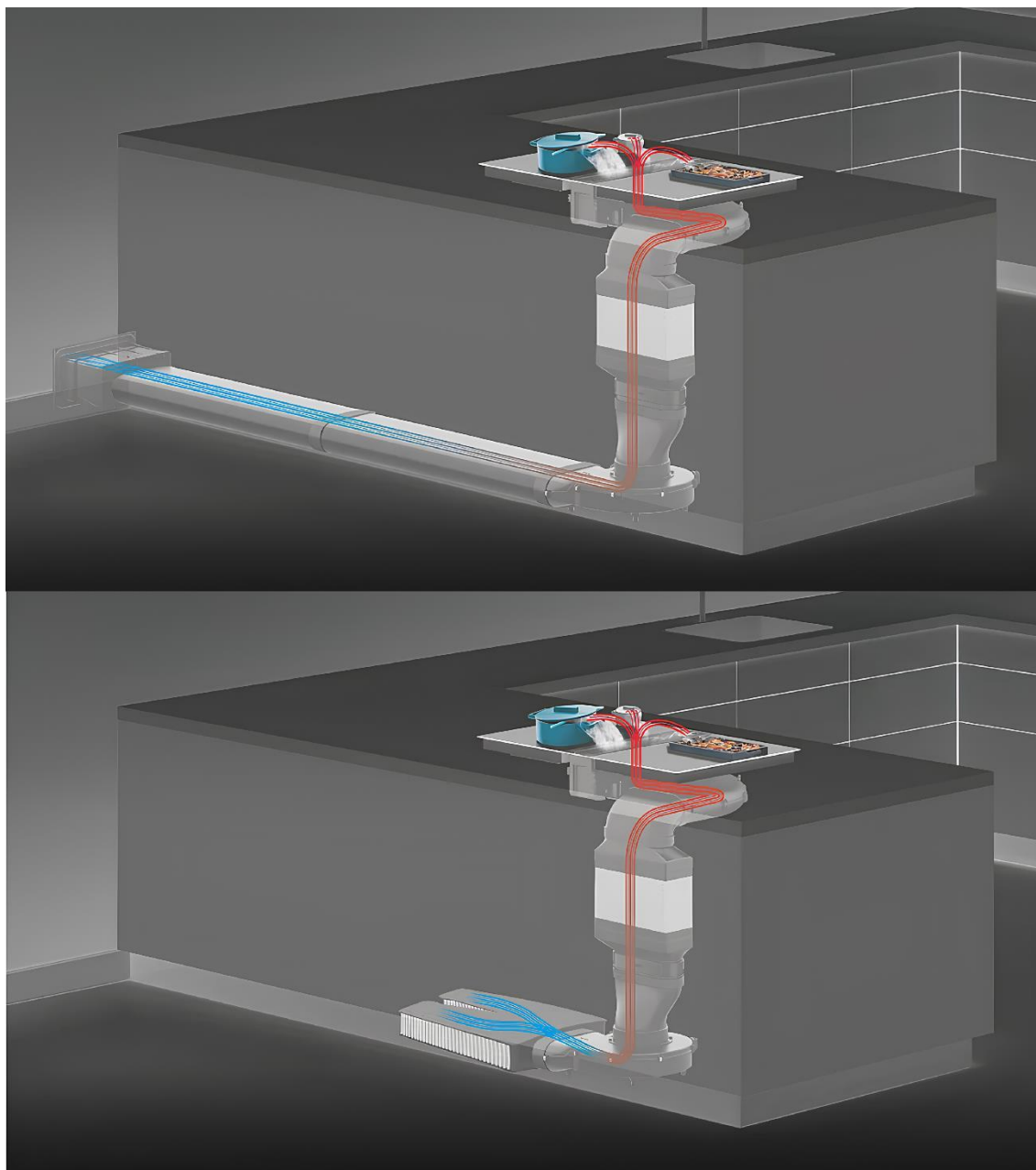


Figura 10: Cappa aspirante (sopra) e filtrante (sotto), Bora

Al fine di prevenire danni causati da elevati livelli di umidità o rumori intensi “sempre più cappe aspiranti sono dotate di un sistema di ricircolo dell'aria, [...] Nel caso di una

cappa aspirante integrata nel pensile, è possibile farlo con una griglia di ventilazione 200 cm<sup>2</sup> collocata nella copertura. L'aria di scarico viene condotta alla griglia di ventilazione tramite un tubo flessibile" (Electrolux, 2021-2022).

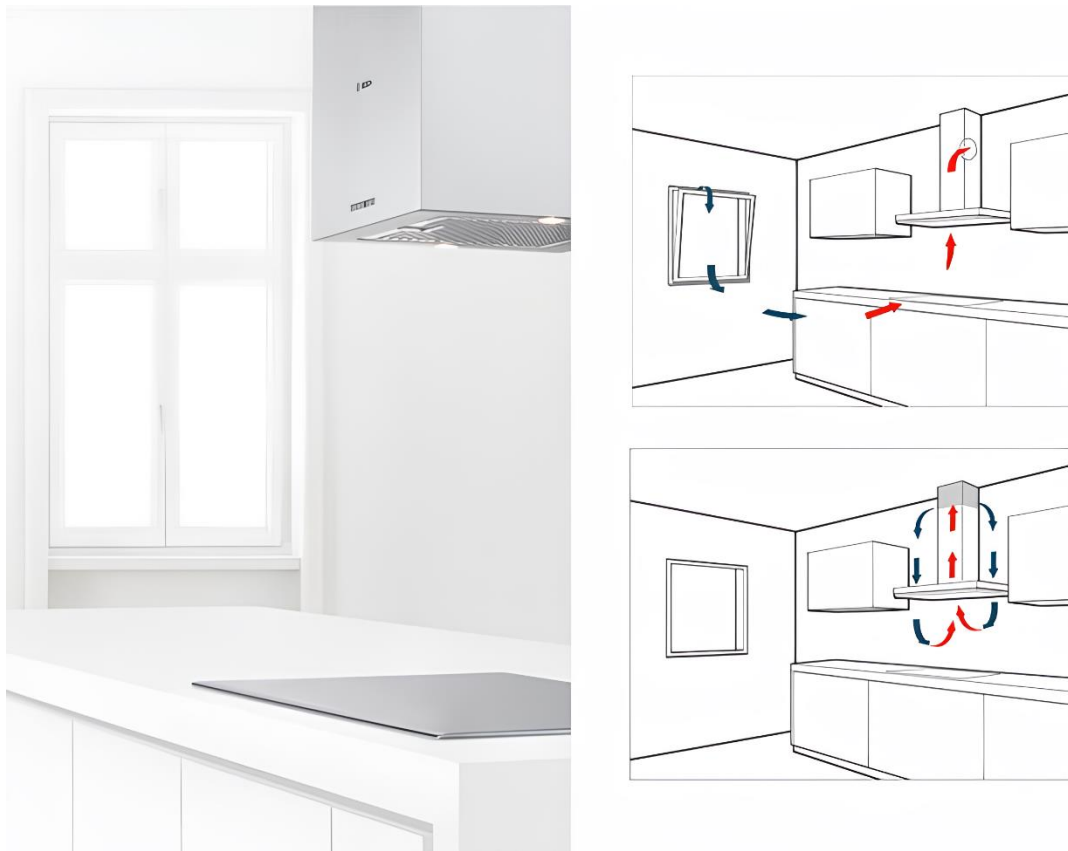


Figura 11: Cappa aspirante e filtrante da arredo, Bosch

La grande varietà di soluzioni offerte dal mercato pone l'utente nella condizione di poter selezionare ciò che maggiormente incontra il suo gusto estetico ed i vincoli operativi, potendo personalizzare la propria cucina e conferendone un tocco di stile e funzionalità.



#### 4. Panoramica dei competitor

Nel mercato delle cappe aspiranti integrate al piano cottura, la concorrenza è rappresentata da diversi produttori leader, focalizzati prevalentemente sui piani cottura ad induzione.

Tra i principali player del settore, si trovano aziende come *Bora*, *Elica*, *Faber*, *Gaggenau* e *Falmec*, che hanno dimostrato una costante ricerca nell'integrazione di sistemi di aspirazione avanzati direttamente all'interno del piano cottura, fornendo soluzioni sofisticate per un design innovativo e una migliore esperienza di cottura in cucina.

Tuttavia, è interessante notare come alcuni di questi abbiano completamente ignorato il processo di cottura a gas precludendo, in alcuni casi, la scelta verso un sistema basato sull'induzione.

*Elica* è un'azienda italiana caratterizzata da una gamma di prodotti che coprono tutte le esigenze, dai modelli economici ai modelli di fascia alta, adatti sia per piani cottura ad induzione che a gas. Per i piani cottura ad induzione, propone una serie di modelli con sistema di aspirazione centrale, che permette di catturare i vapori e gli odori in modo uniforme. I modelli più avanzati sono dotati di sensori di rilevamento del fumo e dei vapori, che attivano automaticamente la cappa alla giusta potenza. Per i piani cottura a gas, invece, propone una serie di modelli con sistema di aspirazione frontale, che permette di catturare i vapori e gli odori direttamente dalla zona di cottura. I modelli più avanzati sono dotati di filtri antigrasso a carboni attivi, che, come descritto precedentemente, assicurano un'efficace purificazione dell'aria.



Figura 12: Piano aspirante "Nikolatesla", Elica

*Bora* è un marchio tedesco che ha rivoluzionato il mercato delle cappe aspiranti integrate al piano cottura con il suo sistema di aspirazione downdraft. Questo sistema, che aspira i vapori e gli odori direttamente dal livello del piano cottura, offre una serie di vantaggi rispetto ai tradizionali sistemi di aspirazione, tra cui: maggiore efficienza di aspirazione, minore rumorosità e design più elegante e minimale.

Bora offre una gamma di prodotti che si colloca in una fascia più costosa, i cui modelli più avanzati sono dotati di funzioni innovative, come il controllo touch e il timer di spegnimento automatico.



Figura 13: Piano aspirante "Bora M Pure", Bora

*Gaggenau* è un marchio tedesco di elettrodomestici di alta gamma che offre il massimo in termini di prestazioni, design e funzionalità. I modelli Gaggenau sono dotati di sistemi di aspirazione perimetrali o frontali, con potenze di aspirazione elevate e livelli di rumorosità molto bassi. I materiali utilizzati sono di alta qualità e il design è elegante e raffinato.



Figura 14: Cappa aspirante da piano "Serie 200", Gaggenau

*Falmec* è un marchio italiano di elettrodomestici da cucina. La varietà di cappe aspiranti integrate al piano cottura di Falmec offre un ottimo rapporto qualità-prezzo. I modelli Falmec sono dotati di sistemi di aspirazione perimetrali o frontali, con potenze di aspirazione elevate e livelli di rumorosità contenuti. I materiali utilizzati sono di qualità e il design è moderno e accattivante.



Figura 15: Cappa aspirante da piano "Monolith", Falmec

*Faber* è un ulteriore marchio italiano di elettrodomestici da cucina. Anch'esso offre una vasta scelta di modelli, dai più economici ai più avanzati e costosi. Così come Falmec, i modelli Faber sono dotati di sistemi di aspirazione perimetrali o frontali, con potenze di aspirazione variabili. I materiali utilizzati, così come il design generale, sono simili al precedente.



Figura 16: Cappa aspirante da arredo "Veil", Faber

## 5. Problematiche attuali

“La ventilazione dei locali può avvenire in modo naturale con l’apertura di porte e finestre oppure elettricamente tramite impiego di apparecchi motorizzati, come ad es. le cappe aspiranti. Nelle cucine la necessità di ricambio dell’aria è particolarmente elevata, poiché durante la cottura vengono prodotte ingenti quantità di fumi e vapore acqueo. L’aerazione e la ventilazione tramite l’apertura delle finestre portano a buoni risultati soltanto occasionalmente, poiché sono vincolate alle condizioni di temperatura e vento all’esterno. Maggiore è la differenza di temperatura fra l’interno e l’esterno, più intensa è la spinta idrostatica e più marcato il ricambio dell’aria. La presenza di forte vento o l’apertura di ulteriori finestre o porte (corrente d’aria) possono incrementare notevolmente il ricambio dell’aria. Questo ricambio incontrollato causa perdite di energia e calore. Inoltre, la ventilazione ottenuta per mezzo delle finestre non è efficace per eliminare le particelle di grasso. Per garantire un’aerazione e una ventilazione efficaci della cucina è necessario che il ricambio dell’aria avvenga in maniera controllata. Le cucine vengono pertanto ventilate e aerate mediante cappe aspiranti azionate da motore elettrico. Le cappe aspiranti accelerano il ricambio dell’aria nella cucina, filtrano le particelle di grasso e neutralizzano gli odori. In caso di modalità a scarico dell’aria, inoltre, convogliano l’umidità verso l’esterno” (Electrolux, 2021-2022).

L’efficace ventilazione delle cucine è fondamentale per mantenere un ambiente sicuro e salubre. La mancanza di ventilazione può causare non solo odori persistenti, ma una serie di problemi indesiderati. In un recente studio effettuato da Liu Sun et. al su 4500 residenti Canadesi, i dispositivi di aerazione vengono “utilizzati più spesso per le fasi di frittura, cottura in padella, grigliatura, bollitura o cottura a vapore. Quasi la metà utilizzano, raramente o in alcun modo, i dispositivi di ventilazione durante la cottura al forno [...]. Solo il 10% era pienamente soddisfatto dei propri dispositivi”. (Liu Sun, 2023)

Nella stessa analisi, si identificano ulteriori problematiche (Liu Sun, 2023):

- Nel complesso, i dispositivi non sono utilizzati regolarmente da una parte sostanziale del campione [...] e pochissimi azionano i dispositivi di ventilazione per l'intera durata del processo di cottura.
- Solo una piccola parte dei dispositivi di sfiato attualmente installati ha tutte le caratteristiche prestazionali desiderate (ad esempio, funzionamento efficiente e silenzioso, velocità multiple, copertura completa dei bruciatori frontali del piano cottura).
- Molte persone considerano i loro dispositivi poco efficaci.
- Un'ampia percentuale di abitazioni non dispone né di un dispositivo di ventilazione né di un dispositivo di ricircolo con un filtro a carbone che viene sostituito frequentemente.

- C'è una mancanza di consapevolezza dei rischi di inquinamento da cucina.

All'interno di ulteriori indagini, è stato esaminato come, paesi e ricercatori diversi, abbiano affrontato la questione in modo differenziato, tenendo conto anche delle specificità locali.

“Le abitazioni Coreane utilizzano principalmente ventilazione naturale e cappe collegate a tubi di scarico. Quando una cappa viene azionata in uno spazio ristretto come una cucina, la perdita di pressione dell'aria può portare ad una mancanza di equilibrio e crollo della pressione. [...] Il particolato (PM) generato dalla cottura rappresenta oltre il 70% della produzione giornaliera di PM nelle famiglie di persone non fumatori [...] L'unica soluzione è quella di rimuovere gli inquinanti con un sistema di ventilazione.

[...] Una diminuzione del 30% dell'efficienza di cattura della cappa e della ventilazione causa il l'esposizione al PM 2.5 anche a coloro che risiedono in soggiorno. [...] Soprattutto dopo la cottura, il livello di PM nel soggiorno raggiunge una concentrazione maggiore rispetto alla cucina a causa della galleggiabilità dei gas.” (Hangyeol Park, 2019).

Il particolato, in qualsiasi sua forma, se abbondante ed inalabile è altamente pericoloso per la salute umana. “Il particolato aerodisperso è in grado di adsorbire gas e vapori tossici sulla superficie delle particelle. Tale fenomeno contribuisce ad aumentare le concentrazioni degli inquinanti gassosi che raggiungono le zone più profonde del polmone, trasportati dalle particelle PM10 e PM2.5” (Ministero della salute: Direzione generale della prevenzione sanitaria, 2015).

Queste minuscole particelle solide e liquide sospese nell'aria possono provenire da diversi alimenti cucinati ad alte temperature, come carne, olio e altri grassi. “Numerosi studi hanno evidenziato una correlazione tra esposizione acuta a particolato aerodisperso e sintomi respiratori, alterazioni della funzionalità respiratoria, ricoveri in ospedale e mortalità per malattie respiratorie. Inoltre, l'esposizione prolungata nel tempo a particolato, già a partire da basse dosi, è associata all'incremento di mortalità per malattie respiratorie e di patologie quali bronchiti croniche, asma e riduzione della funzionalità respiratoria. L'esposizione cronica, inoltre, è verosimilmente associata ad un incremento di rischio di tumore delle vie respiratorie” (Ministero della salute: Direzione generale della prevenzione sanitaria, 2015).

“Il processo di cottura è considerato l'attività che influisce maggiormente il peggioramento della qualità dell'aria negli edifici, in quanto genera alte concentrazioni di inquinanti multipli come particelle fini (PM2.5), idrocarburi policiclici aromatici (IPA), carbonio nero (BC), composti carbonilici (formaldeide, acetaldeide, acroleina, propionaldeide, butiraldeide e benzaldeide) e biossido di azoto (NOx). [...] L'esposizione ai fumi di olio generati dalle attività di cottura può causare gravi problemi di salute: i carbonili associati alla cottura sono stati considerati come la causa

principale del cancro ai polmoni e [...] il biossido di azoto può nuocere alla risposta infiammatoria. (Kyungmo Kang, 2023)

A causa dell'utilizzo di gas per la combustione, si verifica un'alta concentrazione di PM e inquinanti all'interno delle abitazioni. Nel caso in cui questi non vengano correttamente smaltiti e rimossi, "alcuni inquinanti, nel caso di cucine poco ventilate, sono stati osservati in altre aree come il soggiorno o la camera da letto. Questi, possono essere depositati su superfici interne e possono essere pericolosi per la salute dei residenti. Come una delle principali fonti di inquinanti dell'aria, le aldeidi sono presenti all'interno delle abitazioni, e le loro concentrazioni all'interno sono di solito più elevate rispetto all'esterno a causa dei processi di combustione che coinvolgono materia organica come il fumo, la cottura e il riscaldamento domestico, oppure in finiture interne e prodotti per l'arredamento. Tra queste fonti, i fumi di cottura possono contenere inquinanti pericolosi a causa della combustione incompleta di componenti carboniosi nei materiali alimentari. [...] Tra le aldeidi, la formaldeide è uno degli inquinanti atmosferici più critici ad alto rischio sanitario secondo le linee guida fornite dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), che viene principalmente rilasciata dal processo di combustione durante le attività di cottura. Come si può dimostrare, le aldeidi generate durante la cottura sono cancerogene per l'uomo" (Kyungmo Kang, 2023).

Vengono poi forniti una serie di dati sui rischi e i problemi derivanti dall'inquinamento atmosferico domestico (*Household air pollution – HAP*), che "è un fattore di rischio ambientale leader per la mortalità e la morbilità globale, superando i 3,5 milioni di incidenti ogni anno e classificandosi al quinto posto nella stima globale del carico di malattia (*Global burden of disease – GBD*) nel 2010. Il particolato fine (PM<sub>2.5</sub>) penetra profondamente nei polmoni, causando irritazione e corrosione della parete alveolare e di conseguenza compromettendo la corretta funzione polmonare. L'esposizione ai combustibili solidi da cucina ha portato a quasi 60 milioni di anni di vita adattati alla disabilità (*Disability-Adjusted Lost Years – DALY*) nel 2017, tra cui 1,6 milioni di morti premature [...] con donne e bambini particolarmente esposti all'HAP.

La combustione di biocarburanti solidi (SBF) nelle stufe tradizionali porta a una combustione incompleta e all'emissione di una miscela di inquinanti sotto forma di particelle, gas e vapori. Oltre 2,6 miliardi di persone in tutto il mondo utilizzano biomassa per cucinare e riscaldare. Ad esempio, oltre l'85% delle famiglie rurali indiane utilizza SBF per la cucina quotidiana. Inoltre, spazi di cottura non pianificati e mal progettati aumentano l'accumulo di fumo.

CO, PM<sub>2.5</sub>, carbonio nero e particelle ultrafini (UFP, particelle con diametro inferiore a 100 nm) sono i principali prodotti della combustione incompleta. L'HAP derivante dalla combustione incompleta della biomassa contiene inquinanti dannosi per la salute come gli idrocarburi policiclici

aromatici (IPA). Si noti che l'RSPM è un eccellente vettore di composti inorganici e organici assorbiti, in particolare gli IPA.

L'esposizione cronica a IPA cancerogeni presenti nell'inquinamento atmosferico sotto forma di RSPM può portare a malattie polmonari acute, asma, tubercolosi polmonare e cancro del polmone nelle persone coinvolte nell'attività di cottura. L'esposizione di HAP dalla combustione di gas solido è associata con la malattia cardiovascolare” (Joanna Izabela Lachowicz, 2022).

A seguito delle precedenti considerazioni e dei dati riportati, emerge l'importanza di una ventilazione efficace e adeguata all'interno dell'ambiente della cucina. In assenza di questo, infatti, si espone lo spazio domestico e le persone stesse ad un accumulo di composti inquinanti e nocivi, tra cui IPA, aldeidi e particelle PM2.5. Originate dai processi di cottura, queste sostanze possono causare danni alla salute a lungo termine, specialmente alle vie respiratorie. È dunque necessario sviluppare tecnologie che preservino la qualità dell'aria e tutelino la salute dei residenti attraverso un ambiente sicuro.

## 6. Sistemi di aspirazione: il caso Dyson

L'innovazione di un progetto, o di un processo, può essere amplificata e semplificata con l'adozione di tecnologie e pratiche figlie di altri settori. Il trasferimento tecnologico che ne deriva offre nuove prospettive e nuove soluzioni.

Grazie a questo meccanismo, James Dyson ha avviato, nel 1984, un'azienda i cui ricavi ammontano, attualmente, a oltre 5 miliardi di sterline.

“Il design dell'aspirapolvere senza sacchetto ha preso forma osservando un grande ciclone usato per rimuovere la polvere formatasi dal taglio del legno in una segheria. Il lungo e lento processo di miniaturizzazione del dispositivo per adattarlo a un aspirapolvere ha richiesto non meno di 5.127 diverse modifiche tra il 1979 e il 1984” nonostante “l'idea dell'inventore sia stata inizialmente respinta dai rivenditori britannici” (Dowling, 2013).

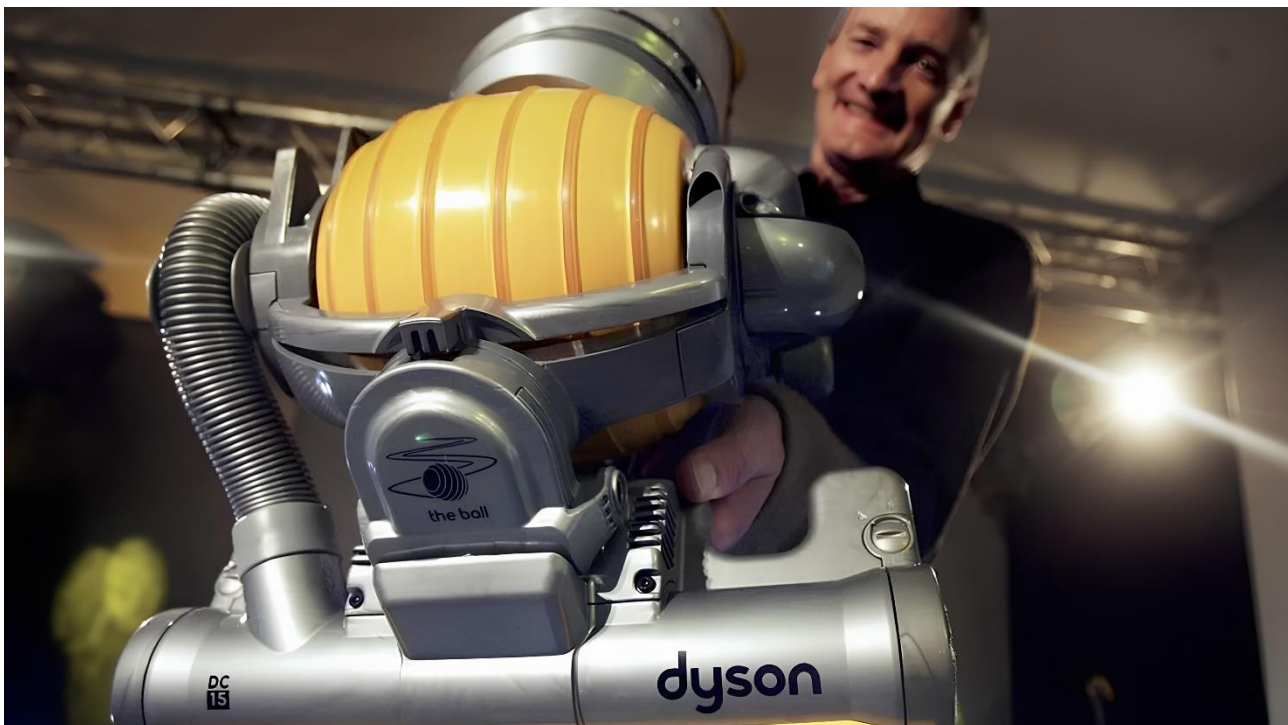


Figura 17: Aspiratore ciclonico Dyson, GettyImages

“Cosa si cela dietro la popolarità di Dyson, uno dei più famosi brand di aspirapolvere a cui si sono aggiunti negli anni i prodotti per la cura dei capelli, del trattamento dell'aria, degli asciugamani e delle lampade? Nell'ordine potremmo citare circa 2,5 miliardi di sterline d'investimento in nuove tecnologie, 21 anni di ricerche, due siti produttivi a Singapore e uno nelle Filippine, un campus con corsi universitari [...] e circa 11mila dipendenti sparsi per il mondo di cui 4.450 tra ingegneri e scienziati. Nella pratica, però, sta tutto in un motore. Il 50milionesimo motore DDM uscito dalle linee di produzione automatizzate dello stabilimento di Singapore. DDM è la sigla di Digital Dyson Motor,



il motore elettrico brushless (senza spazzole) a gestione numerica capace di arrivare –nella versione V10– a compiere 125.000 giri al minuto, ossia più di 2083 giri al secondo. Come riferimento, un tradizionale motore elettrico funziona a 30.000 giri al minuto, cioè circa un quarto dell'ultimo nato in casa Dyson” (Dall'Ava, 2018).



*Figura 18: Motore digitale Dyson confrontato con un motore precedentemente utilizzato per gli asciugacapelli, Wired*

L'introduzione di una componente tecnologica così avanzata nel settore degli aspirapolvere da parte di Dyson ha rivoluzionato completamente il settore dell'aspirazione e dei prodotti connessi. Il passaggio dal flusso d'aria assiale, tipico degli aspirapolvere tradizionali, al flusso d'aria centrifugo, è stato fondamentale per ottenere un cambiamento significativo, una svolta che ha migliorato l'efficienza dell'aspirazione tramite la separazione di detriti e polvere dall'aria.

La sostituzione dei motori tradizionali con motori brushless, più piccoli e altamente efficienti, è stata un'altra fase importante per lo sviluppo. Questa intuizione ha permesso la realizzazione di aspirapolvere più leggeri, compatti e potenti, migliorandone e facilitandone l'esperienza d'uso. L'alta velocità di rotazione dei motori contribuisce, ancora una volta, ad una separazione più efficace di detriti e polvere. “Il meccanismo aspirante [...] ruota sette volte più velocemente di un motore di auto di Formula 1, ed estrae 75 litri d'aria ogni secondo, con 28 watt di aspirazione” (Johnston, 2017).

Nonostante la velocità elevata, i motori brushless impiegati nei prodotti Dyson sono stati progettati per emettere un rumore notevolmente inferiore rispetto ai motori tradizionali con spazzole. Ciò si traduce in un'esperienza di pulizia piacevole e silenziosa.

Il progresso tecnologico che è stato introdotto da Dyson ha ridefinito lo standard per i prodotti di

aspirazione grazie a prestazioni, efficienza e comfort notevolmente migliorati. I prodotti Dyson hanno dimostrato come sia possibile trasformare radicalmente un dispositivo quotidiano come l'aspirapolvere, portandolo a un livello superiore di funzionalità e soddisfazione per l'utente finale.

La filosofia del progettista britannico pone particolare attenzione al ruolo dell'innovazione e della ricerca all'interno di ciascun settore, definendo "l'azienda e i suoi ingegneri non sono solo focalizzati sull'innovazione; sono quasi ossessionati da essa", affermando successivamente che "non puoi fare progressi se non fai esperimenti. E se sperimenti qualcosa di diverso o di nuovo, molto probabilmente fallirai ripetutamente prima di avere successo. Quindi, devi solo abituarti al fatto che l'intera giornata sarà piena di esperimenti e fallimenti", concludendo con il suo grande interesse verso l'errore, più che verso il successo" (Ailawadi, 2022).



Figura 19: Prototipi dell'asciugacapelli Dyson Supersonic, Wired

## 7. Tecnologie implementate

Nel corso dello sviluppo del progetto, sono state integrate una serie di elementi chiave per un miglioramento nell'efficienza e nell'esperienza di utilizzo delle cappe aspiranti.

Il cuore pulsante dell'architettura è un impercettibile motore brushless che, grazie alle sue ridotte dimensioni ma ad una elevata velocità di rotazione, è in grado di alimentare costantemente il flusso d'aria richiesto. Per massimizzare l'efficienza dell'aspirazione, quest'ultimo è di tipo centrifugo, con un forte richiamo verso i turbo compressori automobilistici e dell'aviazione.

La gestione avanzata della fluidodinamica che ne consegue, consente di ottimizzare il flusso d'aria all'interno del dispositivo per garantire prestazioni superiori.

Infine, l'utilizzo di strumenti in grado di cancellare attivamente il rumore garantisce un'esperienza rilassante e confortevole.

### 7.1 Motori a corrente continua (Brushless, Brushed DC) e alternata (AC)

La componente dei motori elettrici costituisce il fulcro di numerosi progetti. Risulta, quindi, necessario analizzare la diversità di tipologie di motori elettrici disponibili, in quanto ciascuna di esse è stata progettata per rispondere a specifiche esigenze e obiettivi prestazionali. Inoltre, ciascuna categoria presenta vantaggi e limitazioni uniche, e un'indagine scrupolosa è fondamentale per la progettazione di cappe aspiranti altamente efficienti e performanti. I vari tipi di motori elettrici si distinguono tra loro per come vengono generati i campi magnetici:

- *Motori a corrente continua (DC):* “La generazione del campo magnetico è effettuata dallo statore. I magneti possono essere permanenti (ferriti ad esempio) nei motori di piccola potenza, mentre vengono generati da avvolgimenti dedicati nei motori di media e grossa potenza, detti anche a campo avvolto. La potenza viene portata al rotore tramite collettori rotanti e spazzole, soggette ad usura, e che sono causa degli interventi di manutenzione su questi motori. Hanno buone caratteristiche di robustezza e affidabilità; sono semplici da costruire e da controllare. Per quanto riguarda la coppia è sufficiente controllare la corrente fornita al motore; per controllare la velocità basta la tensione che l'inverter o convertitore eroga” (Talpone).

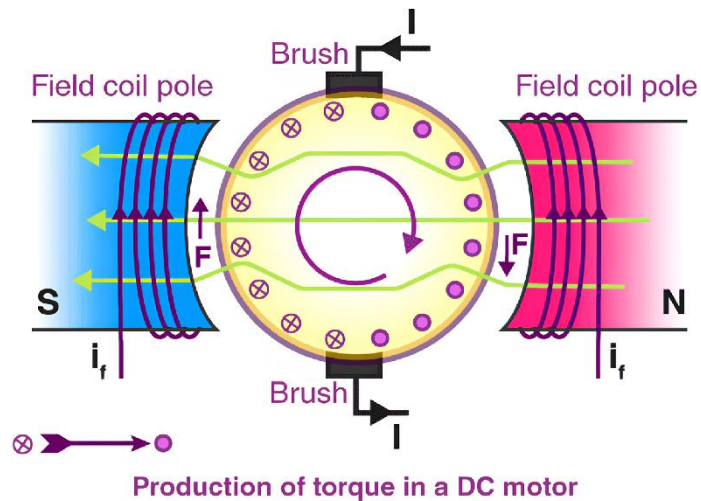


Figura 20: Produzione di coppia in un motore DC Brushed, Byju's

- **Motori a corrente alternata (AC):** “Dal punto di vista elettrico può essere schematizzato come un trasformatore con il secondario in corto circuito. La generazione del campo magnetico è ottenuta dalla differenza di velocità angolare tra le correnti dello statore e quelle che si generano nel rotore. Il rotore è composto da un circuito elettrico costituito da due anelli alle estremità e dalle barre che li collegano, tutti e tre di materiale conduttore (Alluminio per motori «piccoli» e Rame per motori più grandi o ad alta velocità). I motori asincroni sono molto robusti non avendo né parti soggette ad usura né magneti. Vengono quindi agevolmente controllati dagli inverter in quanto la posizione del rotore non è determinante. Poiché il campo viene generato da una interazione, la generazione richiede un tempo finito che implica un ritardo nella risposta del motore alle sollecitazioni delle correnti o del carico” (Talpone).

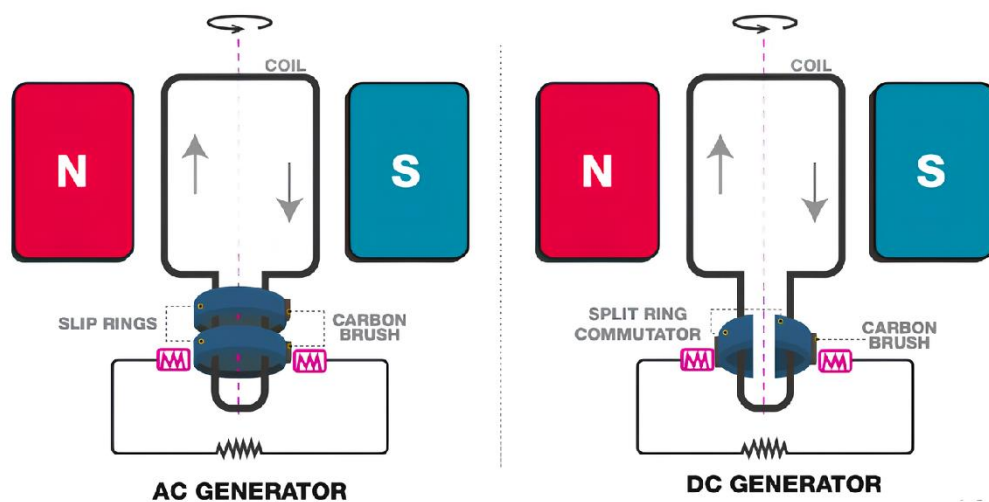


Figura 21: Confronto tra motore AC e DC, Byju's

- *Motori Brushless*: Nel motore di tipo SPM (Surface Permanent Magnet) i magneti sono incollati sul rotore e sono protetti da un bendaggio metallico oppure in fibra. La qualità dei magneti determina le prestazioni del motore. L'assenza di componenti soggetti ad attrito rende il motore molto robusto ed estremamente affidabile. Il campo sempre disponibile garantisce risposte pronte soprattutto deterministiche e lineari; al raddoppio della corrente corrisponde il raddoppio della coppia erogata. La difficoltà nel controllo viene dal fatto che l'azionamento deve conoscere la posizione dei magneti per ottenere la massima efficienza. Il rotore può essere «forato» per avere una ridotta inerzia e prestazioni dinamiche molto elevate (accelerazioni rapidissime)” (Talpone)

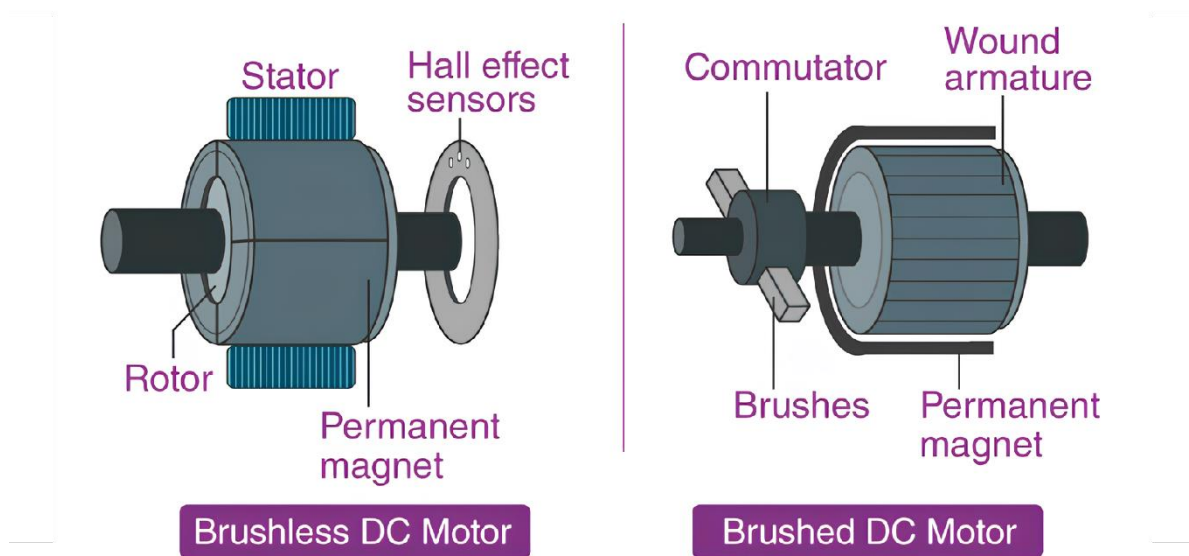


Figura 22: Motore brushless e brushed a confronto, Byju's

Data la grande resistenza e affidabilità, nonché l'elevata velocità di rotazione e la bassa rumorosità dovuta all'assenza di attrito, i motori brushless rappresentano la soluzione ideale al meccanismo di rotazione. Inoltre, l'elevata percentuale di efficienza garantisce un sistema efficace e performante che impiega in maniera ottimale l'energia e le risorse, minimizzando gli sprechi.

## 7.2 Turbo compressione

La turbo compressione rappresenta una componente chiave di progetto. Analogamente all'impiego dei turbo compressori nell'industria automobilistica e, in particolare, nei motori a combustione, la sua funzionalità primaria è quella di garantire la massima aspirazione possibile. Questa stessa tecnologia è legata, allo stesso modo, al concetto di aspirazione nei prodotti Dyson.

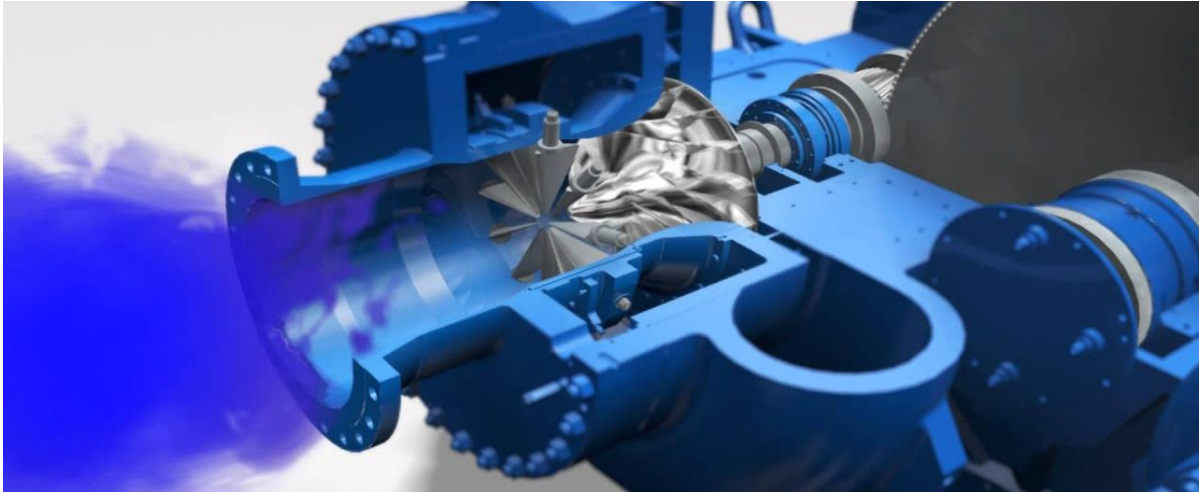


Figura 23: Turbo compressore in sezione, MAN Energy Solutions - YouTube

“Il compressore centrifugo è, da sempre, utilizzato per la compressione di gas e vapori. Ha dimostrato la sua economia e unicità in molte applicazioni [...]. Questo compressore è facilmente adattabile alle turbine a vapore o ad altri driver nei quali si verifica un cambio di velocità continuo, poiché i due principi di funzionamento e controllo sono abbastanza compatibili. È anche adattabile al motore elettrico, al motore a gas e alla turbina a gas, con ogni installazione specifica per un particolare problema o processo. [...] La sua funzione è quella di “aumentare la pressione del gas accelerandolo mentre scorre radialmente attraverso la girante, e convertendo questa energia in pressione passando attraverso una sezione del diffusore. L'involucro è fermo e le ruote o le giranti montate sull'albero vengono ruotate dal motore. Le unità sono solitamente montate orizzontalmente con cassa divisa orizzontalmente per basse pressioni e verticalmente per alte pressioni, circa 800 psi” (Coker, 2007).



Figura 24: Turbo compressore realizzato per il progetto “Aspire”

Legata al compressore, la ventola (in questo caso definita come <<girante>>) è costituita da una serie di pale disposte intorno a un asse centrale e incapsulate in una camera.

“Indipendentemente dal tipo, l'azione complessiva della ventola deve dipendere da un tasso di variazione della quantità di moto del gas in direzione tangenziale” senza la quale “non può esistere alcuna coppia. [...] Poiché l'aria o il gas scorre attraverso il sistema di soffiaggio (tubazioni/condotti, filtri, ecc.), il movimento provoca attrito tra l'aria/gas che scorre. Questo attrito si traduce in resistenza al flusso, sia in ingresso (lato aspirazione) che in uscita (lato scarico) dal sistema. Ciò crea la caduta di pressione che il ventilatore deve vincere per far muovere o fluire aria/gas. Questa resistenza al flusso diventa maggiore all'aumentare della velocità del flusso e più energia o potenza è necessaria per eseguire il movimento del flusso richiesto alle pressioni richieste” (Coker, 2007, p. 921-922).

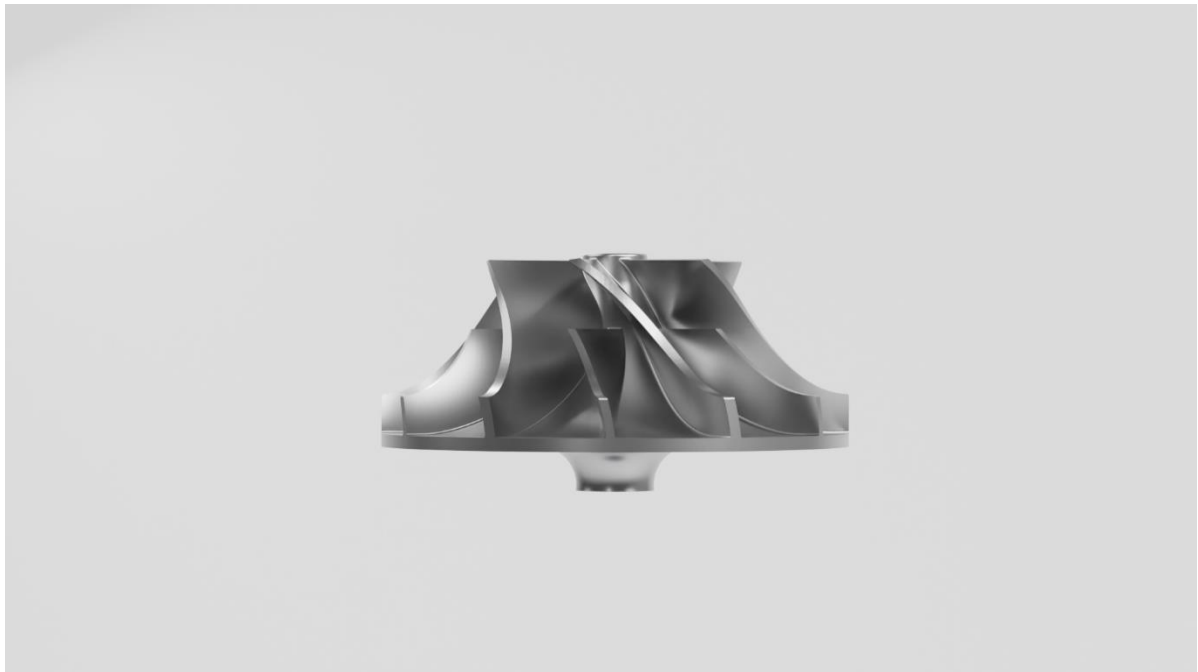


Figura 25: Girante per turbo compressore

### 7.3 Gestione della fluidodinamica

Fumi, gas, vapori e prodotti di combustione generati dal processo di cottura tendono a fluire naturalmente verso l'alto a causa del fenomeno fisico di convezione, ossia un meccanismo di diffusione del calore “caratteristico dei fluidi, in cui la propagazione avviene con moti macroscopici di materia nel mezzo interessato alla propagazione (moti convettivi o correnti convettive) Se un fluido viene riscaldato, le sue parti più vicine alla sorgente di calore si portano a temperatura più elevata delle altre: si determina così, in esse, una diminuzione di densità, e di qui ha origine la formazione di correnti fredde, dirette verso le zone calde, mentre nelle zone calde prendono a formarsi correnti di fluido caldo che si dirigono, in senso

opposto alle prime, verso le zone più fredde. Il fenomeno avviene in modo analogo nel caso in cui il fluido, anziché riscaldato, venga raffreddato” (Treccani, Enciclopedia on line, s.d.). Nello specifico, la fase di cottura riscalda l’aria circostante l’elemento di cottura (una piastra, una fiamma ecc.), causando l’espansione e il sollevamento della stessa verso l’alto.

In tale contesto, nell’utilizzo di una cappa aspirante posta al di sopra del piano poco efficiente, potrebbero verificarsi i problemi di mancanza di aerazione e di ricambio dell’aria sopraccitati, con conseguenti problematiche e danni alla salute dei fruitori. Poiché i fumi seguono il principio della convezione e tendono naturalmente a salire verso l’alto, sfuggono al raggio di azione della cappa, in quanto non in grado di catturarli prima che si diffondano nell’ambiente circostante.

Contrariamente, un sistema posto adiacentemente la fonte stessa dei prodotti di combustione, è in grado di catturare i corpi gassosi prima che abbiano la possibilità di salire verso l’alto o di diffondersi in maniera incontrollata nella cucina.



*Figura 26: Dettaglio dei condotti di aspirazione posti adiacentemente alle fonti di calore*

Un ulteriore aspetto che migliora notevolmente la fluidodinamica del progetto è la posizione della fiamma rispetto al canale di aspirazione.

Convenzionalmente, infatti, nei piani cottura a gas, il foro di scarico dei fumi è posto centralmente (in alcuni casi, di forma rettangolare, si può anche trovare nella parte più lontana dai comandi) alla stessa altezza dell’elemento che produce il calore. In primo luogo, questo comporta un’aspirazione (spesso) parziale del vapore e dei risultati della combustione, poiché quelli generati più esternamente si trovano in una posizione non raggiungibile dal flusso d’aria



che la ventola fornisce. In secondo luogo, la corrente stessa potrebbe influire sulla potenza della fiamma, diminuendone l'efficacia e prolungando i tempi di cottura, con conseguente aumento di consumi e maggiore produzione di sostanze inquinanti.

Il progetto ha come obiettivo la risoluzione delle suddette problematiche attraverso un innovativo sistema di canalizzazione del flusso, introducendo il concetto di aspirazione *mirata* ma con motore *centralizzato*. Nel capitolo successivo, verrà descritto come, nell'aspetto pratico, viene sviluppato il concetto espresso pocanzi.

#### **7.4 Cancellazione attiva del rumore**

Il movimento d'aria generato dai sistemi aspiranti e filtranti risulta fondamentale per il funzionamento complessivo; è, infatti, responsabile della cattura e della canalizzazione dell'aria, degli odori e delle particelle indesiderate verso l'esterno o all'interno di un apparato filtrante.

Tuttavia, più il flusso risulta voluminoso e veloce, maggiore sarà la probabilità che questo diventi un elemento di disturbo e malessere a livello acustico all'interno dell'ambiente. Il motivo risiede nella dinamica di movimento delle particelle d'aria che, interagendo con le superfici interne delle cappe e con l'ambiente circostante, generano vibrazioni e turbolenze che si traducono in rumore. In aggiunta, lo stesso motore contribuisce ad incrementare il livello acustico, emettendo suoni che, talvolta, risultano fastidiosi per l'utente.

“L'esposizione continua al rumore non solo causa la perdita dell'udito, a seconda della durata e dell'intensità del rumore, ma aumenta anche la probabilità di ipertensione, disturbi del sonno e cardiopatia ischemica. Per proteggere la salute fisica e mentale delle persone, l'Agenzia per la Protezione Ambientale degli Stati Uniti (EPA) ha proposto standard per la salute e l'inquinamento acustico nel 1975, e l'Agenzia Europea per l'Ambiente (AEA) ha designato la Direttiva sul Rumore Ambientale (END) nel 2000” (Junyan Dong, 2020).

Più genericamente, “il rumore generato dai dispositivi (elettronici, *ndr*) è un problema molto comune; ad alti livelli di pressione sonora il rumore può danneggiare l'udito o causare problemi di salute, mentre a livelli di pressione sonora più bassi riduce il comfort. Questo rende la riduzione del rumore un argomento molto importante per la maggior parte dei dispositivi, anche per quelli che generano media quantità di rumore. Il metodo comunemente utilizzato per ridurre il rumore generato è quello di applicare un involucro rivestito da materiali fonoassorbenti sulle pareti. Per ridurre efficacemente il rumore a bassa frequenza,

tuttavia, tali materiali dovrebbero essere spessi e la larghezza della barriera, per essere considerata efficace, deve essere paragonabile alla lunghezza d'onda del rumore. Le barriere spesse, però, sono pesanti e possono ridurre significativamente la dissipazione del calore. In molti casi potrebbe essere necessario un raffreddamento attivo. Il raffreddamento attivo può, di conseguenza, aumentare complessivamente il rumore a causa della ventola o del flusso d'aria” (Krzysztof Mazur, 2023). È chiaro che, una soluzione di questo tipo, non è applicabile nella totalità delle situazioni e induce ad un ciclo che comporta ulteriori problematiche.

La cancellazione del rumore è un metodo efficace che si è dimostrata fondamentale per affrontare il problema del rumore indesiderato in molteplici contesti. Mira a ridurre, o eliminare, i suoni più fastidiosi e disturbanti, per un ambiente più silenzioso e confortevole. Esistono due principali tecniche per la cancellazione del rumore: l’annullamento cosiddetto *attivo* e quello *passivo*.

La cancellazione passiva del rumore si basa sulla progettazione di materiali e componenti che isolino fisicamente il suono dall'ambiente circostante. Questa tecnica è utilizzata in elementi come isolanti acustici e pareti fonoassorbenti per ridurre la trasmissione.

Introdotta da Paul Lueg nel 1933, la tecnologia di cancellazione attiva del rumore, nota anche come ANC, invece, si basa su principi sonori complessi che si traducono, però, in un concetto di base molto semplice, ossia la produzione di onde sonore in opposizione di fase rispetto al rumore indesiderato. “Quando due onde si propagano nello stesso campo e si sovrappongono, lo spostamento dato dalla vibrazione delle particelle del campo nell'intervallo di sovrapposizione è uguale alla somma vettoriale degli spostamenti causati dalle due onde. [...] L'obiettivo della tecnologia di controllo del rumore attivo è quello di utilizzare un filtro adattivo per invertire il rumore indesiderato e limitare il rumore a un intervallo fisso” (Junyan Dong, 2020).

Attualmente, il principio viene impiegato in numerosi settori come, ad esempio, quello degli elettrodomestici, dell’automotive, dell’elettronica audio, della telefonia, in applicazioni mediche e nel settore dell’aviazione.

Nel caso di elettrodomestici come la lavastoviglie, il principio di ANC si colloca come soluzione ultima dopo un’attenta ricerca da parte dei produttori nella diminuzione del livello sonoro. “Recentemente, i livelli di potenza sonora sono circa 40 - 50 dBA. Questa diminuisce rimuovendo le sorgenti di rumore e aumentando l’isolamento acustico passivo. Per un’ulteriore riduzione, è stata introdotta una modalità silenziosa, ottenuta tramite una minore velocità di ciclo che, però, deteriora la capacità di lavaggio. [...] Si osserva che il rumore si

propaga principalmente dalla parte inferiore del lato anteriore. [...] In questo contesto, viene proposto l'utilizzo dell'ANC. [...] I risultati della simulazione mostrano che lo schema di controllo del rumore attivo proposto potrebbe avere una potenziale applicazione per la riduzione del rumore in lavastoviglie” (Nokhaeng Lee, 2016)

Nel caso pratico del progetto di tesi, viene sfruttata la tecnologia brevettata da Noctua per le ventole di ricircolo dell'aria all'interno dei dispositivi desktop. “La tecnologia brevettata RotoSub® ANC consente alla ventola stessa di emettere il segnale anti-rumore attraverso modulazioni minuscole delle pale, che si ottengono accendendo e spegnendo una bobina all'interno del telaio della ventola che interagisce con i magneti all'interno delle punte della lama. In questo modo, l'antirumore proviene dalla stessa esatta posizione del rumore originale e corrisponde esattamente al suo modello di fase e rotazione. Grazie a ciò, l'effetto di cancellazione ottenuto attraverso la tecnologia RotoSub® ANC è omnidirezionale e in gran parte indipendente dall'ambiente” (Noctua, 2012). Inoltre, la cancellazione attiva del rumore presenta notevoli vantaggi che vanno oltre la semplice riduzione del rumore percepito; migliora notevolmente il comfort acustico in cucina e riduce il potenziale disturbo per chi vi sta operando o, semplicemente, conversando, assicurando un ambiente sereno e gradevole.

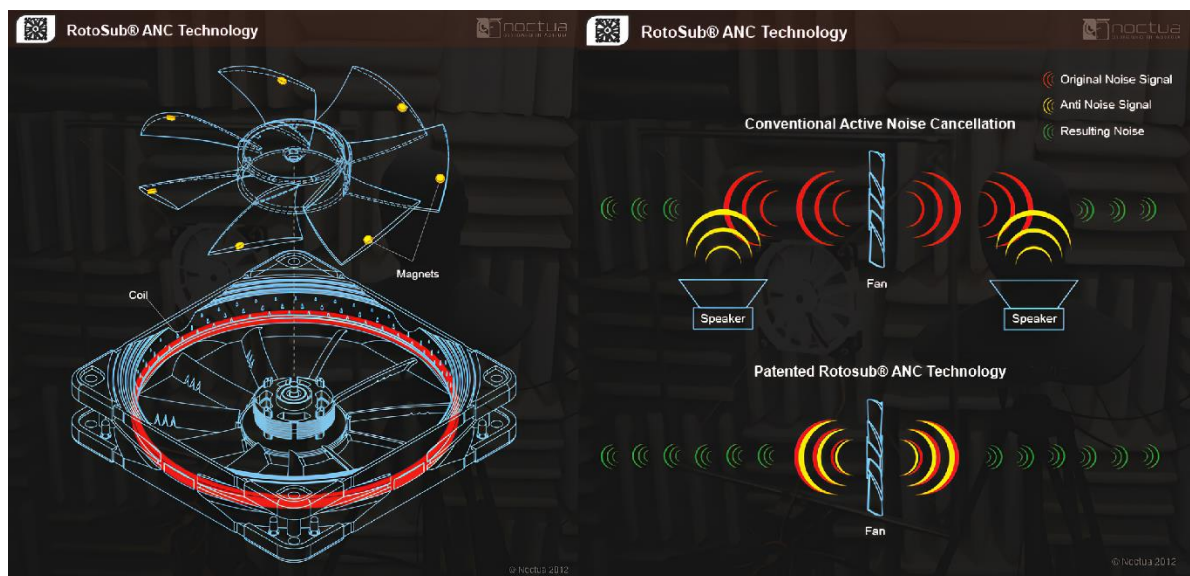


Figura 27: Principio di funzionamento della tecnologia di ANC applicata da Noctua

## 8. Architettura del sistema

Come brevemente descritto nel capitolo precedente sulla gestione della fluidodinamica, l'apparato si articola secondo i concetti di aspirazione mirata, data da singoli condotti posti inferiormente rispetto a ciascun elemento di calore, e di centralizzazione, per via della posizione centrale del motore che alimenta il flusso d'aria. La scelta di un posizionamento centrato rispetto ai singoli fuochi non è scontata, bensì frutto di una più ampia riflessione sulla struttura dell'impianto e sui fattori di economicità, montaggio, manutenzione e consumi.

All'atto pratico, viene posto un canale di scarico dei fumi al di sotto di ogni elemento di cottura ad un'altezza maggiore rispetto alla fiamma. Grazie ad un'imbutitura verso il basso del piano cottura, il bruciatore rimane sotto al canale aspirante e non viene influenzato dallo stesso. Ciascuno scarico converge, successivamente, in un unico condotto centrale collegato al motore. Così facendo, si può garantire la massima efficienza della fiamma e un'aspirazione mirata alla zona di cottura desiderata, unendo efficienza ed estetica in un'unica soluzione.



Figura 28: In alto, vista complessiva di "Aspire"; in basso, dettaglio sul bruciatore, griglia, filtri e vista laterale

Un'alternativa alla struttura centralizzata è costituita dall'introduzione di un motore per ciascun elemento di cottura. Ogni motore converge, successivamente, ad un singolo canale per l'espulsione dell'aria che, anche in questo caso, viene posto centralmente rispetto alle zone di cottura.

Tuttavia, una soluzione di questo tipo, seppur fattibile, comporta una serie di criticità, soprattutto dal punto di vista economico, non indifferenti. Infatti, l'impiego di un singolo meccanismo propulsore è maggiormente vantaggioso sia in termini di consumi energetici a lungo termine sia in fase di acquisto del singolo. Inoltre, l'installazione e la manutenzione di un motore unico, rispetto a quattro o cinque, risulta più semplice e, ancora una volta, meno dispendioso. L'utente, per di più, non deve preoccuparsi di gestire o controllare più motori; in tal modo, si semplifica notevolmente l'esperienza di fruizione e l'interfaccia utente a favore della praticità d'uso. Infine, la pulizia e la sostituzione dei componenti diventano meno complesse, potendo individuare problemi o guasti più facilmente e riducendo i costi di assistenza e riparazione.



Figura 29: Vista superiore

Uno degli aspetti di maggior critica verso le cappe aspiranti da piano presenti sul mercato, è la scarsa efficienza e cattura dei vapori di cottura, specialmente con l'utilizzo di pentole alte e di diametro elevato. Difatti, in questi casi, i fumi che vengono generati nella parte più lontana della pentola (rispetto al fulcro aspirante), tendono a salire verso l'alto e non essere espulsi o purificati, rimanendo sospesi all'interno dell'ambiente della cucina, con conseguenti problematiche di odori e problemi alla salute descritti precedentemente. La soluzione offerta da "Aspire" risolve facilmente questa problematica, permettendo l'utilizzo di qualsiasi pentola si desidera in tutti i processi di cottura.

## 9. Dettagli tecnici

I parametri che definiscono *Aspire* costituiscono la base dell'innovazione di progetto. Nel seguente capitolo, verranno illustrati i concetti chiave per ottenere il massimo delle prestazioni dal sistema di ventilazione, focalizzandosi sul dimensionamento del comparto aspirante, la velocità di rotazione della girante, il tipo di pala adoperata nella girante, la portata del sistema e i consumi elettrici.

### 9.1 Dimensionamento del comparto aspirante e portata

La dimensione del comparto aspirante è di fondamentale importanza poiché deve essere proporzionata all'area di cottura in cui la cappa sarà installata e alla portata complessiva richiesta. Il fulcro della cappa aspirante è la girante che, come mostrato in precedenza, genera il flusso necessario al ricambio dell'aria nell'ambiente della cucina.

“La portata d'aria (quantità di aria trasportata) indica il numero di metri cubi di aria convogliati dalla cappa aspirante in un'ora. Viene espressa in m<sup>3</sup>/h. Fondamentali per la portata d'aria necessaria sono il volume della stanza e l'indice di ricambio d'aria necessario.

La portata d'aria si ottiene come segue:

$$Q = V \times f$$

Dove:

Q = portata d'aria necessaria

V = volume dell'ambiente

f = indice di ricambio d'aria

L'indice di ricambio d'aria fornisce la frequenza oraria con cui è necessario cambiare o far circolare tutta l'aria presente in un ambiente. A questo proposito va ricordato che una stanza di piccole dimensioni richiede riciccoli più frequenti rispetto a una grande. Il minor volume di aria negli ambienti piccoli causa un rapido aumento della percentuale di vapore di cottura, pertanto l'aria si satura in fretta e deve essere fatta circolare e/o cambiata più spesso.

Per una purificazione ottimale dell'aria le cappe impiegate devono essere dimensionate in modo da garantire da sei a dodici ricambi d'aria all'ora; valori con i quali non si percepisce alcuna corrente. La portata d'aria necessaria viene determinata sia per la potenza minima (ad es. per cottura a fuoco lento), sia per la potenza massima (cottura alla griglia con molto olio/grasso). Il volume della stanza va quindi moltiplicato una volta per l'indice di ricambio d'aria più basso (f = 6) e una volta per quello più alto (f = 12). Sulla base di questa coppia di valori è possibile individuare l'apparecchio più adatto in termini di prestazioni” (Electrolux, 2021-2022).

Esempi di calcolo:

<i>Portata d'aria necessaria</i>	<i>Cucina piccola</i>	<i>Cucina grande</i>
Superficie × altezza = volume della stanza	10 m <sup>2</sup> × 2,5 m = 25 m <sup>3</sup>	16 m <sup>2</sup> × 2,5 m = 40 m <sup>3</sup>
6 ricambi d'aria all'ora corrispondono alla potenza minima, ad es. in caso di cottura a fuoco lento	150 m <sup>3</sup> /h	240 m <sup>3</sup> /h
12 ricambi d'aria all'ora corrispondono alla potenza massima, ad es. in caso di cottura arrosto	300 m <sup>3</sup> /h	480 m <sup>3</sup> /h

Altre fonti indicano una portata ideale calcolata in modo tale da ottenere un ricambio di almeno “10 volte in un’ora” (Faber S.p.A, s.d.) (Siemens, s.d.)

Considerando una portata maggiore, data da eventuali stanze più grandi (circa 1000 m<sup>3</sup>/h), e visto l'utilizzo di un sistema aspirante centrifugo simile a quello introdotto dagli aspiratori Dyson, si può calcolare il diametro della girante attraverso la seguente espressione: “Per due giranti geometricamente simili, della stessa famiglia, con la stessa velocità specifica e azionate allo stesso regime” (Coker, 2007)

$$cfm_2 = cfm_1 \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^3$$

Dove, nel suddetto caso:

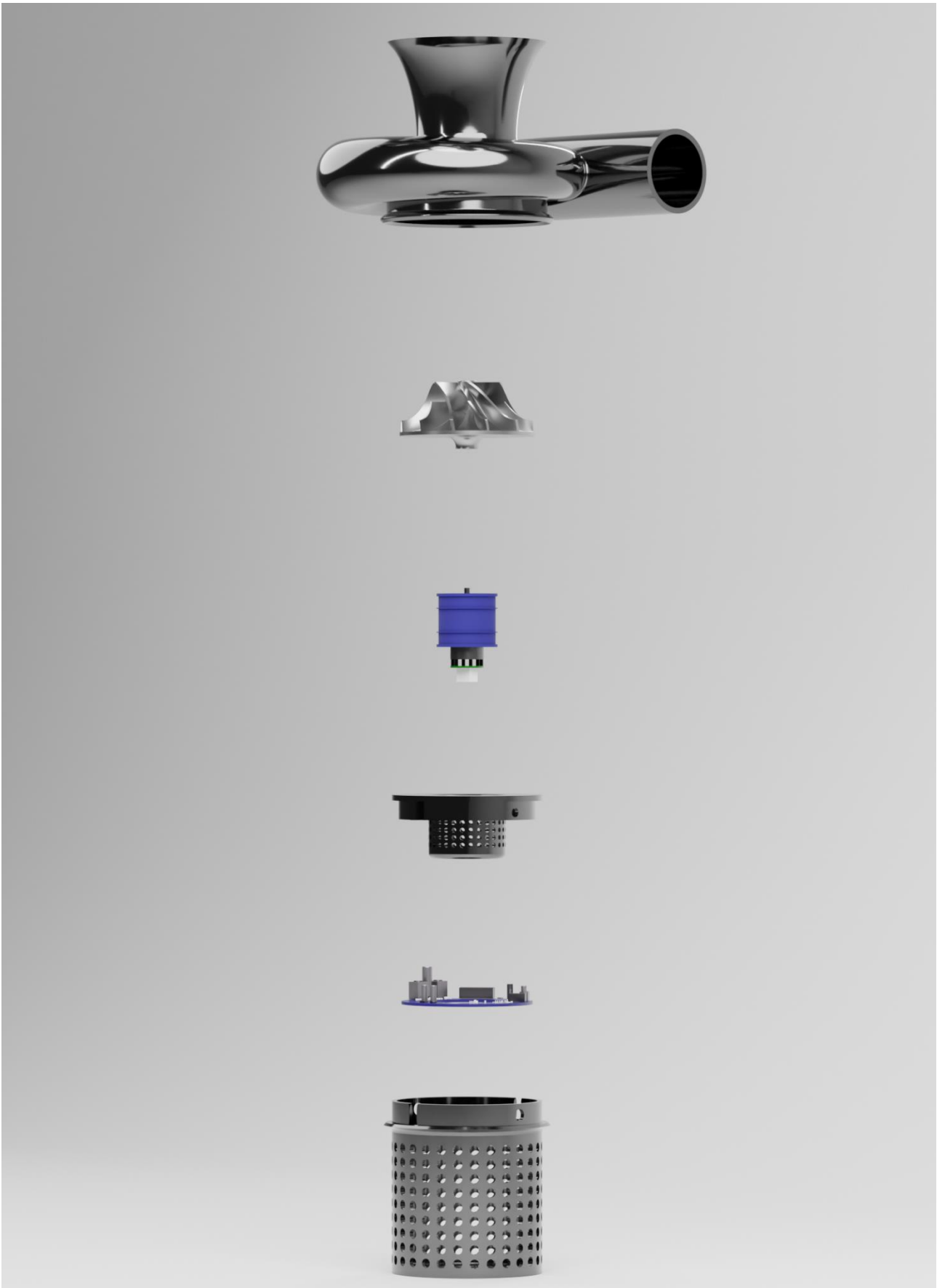
$cfm_2$  corrisponde alla portata (espressa in *cubic feet per minute*, piedi cubi al minuto) necessaria che la cappa deve soddisfare, ovvero 588 *cfm* (1000 m<sup>3</sup>/h).

$cfm_1$  corrisponde alla portata (espressa in *cubic feet per minute*, piedi cubi al minuto) dell'aspiratore Dyson, ossia 73 *cfm* (124 m<sup>3</sup>/h).

$D_2$  corrisponde al diametro della girante (espresso in *feet*, piedi) da ricavare.

$D_1$  corrisponde al diametro della girante (espresso in *feet*, piedi) all'interno del motore aspirante Dyson, ossia 0,118 *ft* (36 mm).

Eseguendo i calcoli, si ottiene un diametro esterno della girante  $D_2$  di circa 0,23 *ft*, ovvero 70 mm. Valutando, poi, le tolleranze geometriche e l'offerta già presente sul mercato, è stata selezionata una girante dal diametro di 72 mm.



*Figura 30: Dall'alto, dettaglio e vista esplosa del turbo compressore, girante, motore brushless, alloggiamento del motore, scheda elettronica, alloggiamento scheda elettronica*



## 9.2 Velocità di rotazione della girante

Poiché influenza direttamente la capacità di aspirazione della cappa, la velocità di rotazione della girante rappresenta un parametro decisivo per il sistema. È necessario trovare un giusto equilibrio per garantire un'aspirazione efficace senza produrre troppo rumore o consumare eccessivamente energia.

Come mostrato precedentemente, la scelta di un motore brushless è stata fondamentale per un risultato silenzioso ma estremamente performante. Il motore adottato, definito come <<Digital Motor V9>> e realizzato dall'azienda Dyson, raggiunge una straordinaria velocità di 110.000 giri al minuto, ovvero 5 volte la velocità di rotazione di un motore per Formula 1. Questa grande velocità non influisce sulla propria rumorosità che, di fatto, risulta di circa 55 dB ad una distanza pari a quella di utilizzo nell'ambiente della cucina. Di seguito viene illustrato uno schema che rappresenta il livello di rumore (tecnicamente parlando, il livello di pressione sonora) per vari ambienti e a varie distanze (Unimore, 2013):

<b>Sorgente sonora</b>	<b>Pressione sonora</b>	<b>Livello di pressione sonora</b>
	<b>Pa</b>	<b>dB(SPL)</b>
Soglia del dolore	100	134
Danni all'udito per breve esposizione	20	ca. 120
Jet a 100 m	6 - 200	110 - 140
Martello pneumatico a 1 m / Discoteca	2	ca. 100
Danni all'udito per lunga esposizione	$6 \times 10^{-1}$	ca. 90
strada trafficata a 10 m	$2 \times 10^{-1} - 6 \times 10^{-1}$	80 - 90
automobile a 10 m	$2 \times 10^{-2} - 2 \times 10^{-1}$	60 - 80
TV ad 1 m	$2 \times 10^{-2}$	ca. 60
Parlato a 1 m	$2 \times 10^{-3} - 2 \times 10^{-2}$	40 - 60
Stanza molto silenziosa	$2 \times 10^{-4} - 6 \times 10^{-4}$	20 - 30
Respiro	$6 \times 10^{-5}$	10
Soglia di udibilità a 2 kHz	$2 \times 10^{-5}$	0

Come si può facilmente intuire dalla tabella, l'SPL del motore che viene inserito all'interno di *Aspire* si integra armonicamente con l'ambiente ed è in grado di erogare tutta la potenza necessaria ma, allo stesso tempo, preservando i problemi all'udito di coloro che usufruiscono dell'apparato aspirante.

Infine, il consumo del motore BLDC è di soli 90 *W*, rappresentando un utilizzo pressoché irrisorio di corrente elettrica. Basti pensare che alcuni dei più moderni smartphone richiedono cariche batterie con potenza uguale, o superiore, a 60 *W*.

### 9.3 Tipologia di pala della girante

A seconda della forma delle pale che costituiscono la girante, gli aspiratori centrifughi possono essere suddivisi in sei categorie: “AF (airfoil), BC (backward-curved), BI (backward-inclined), RT (radial-tip), FC (forward-curved) e RB (radial blade)” (Bleier, 1997).

Ciascuna delle sei categorie è adatta a specifici utilizzi ed ha efficienza diversa; il grafico seguente mostra la percentuale di efficienza per ogni tipologia di pala (Bleier, 1997).

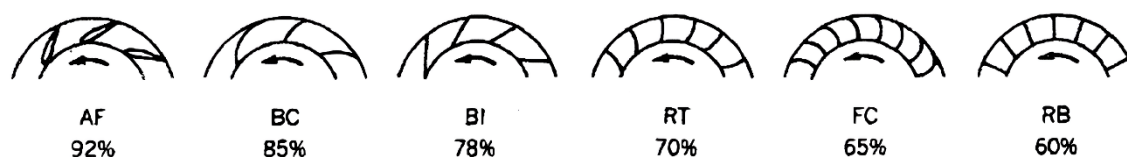


Figura 31: Possibili configurazioni di pale per una girante, *Bleier Fan Handbook*

La girante designata per il progetto “*Aspire*” è dotata di pale la cui forma richiama entrambe le varietà AF che BC. In questo modo, si uniscono i vantaggi sia della prima gamma che della seconda.

In particolare, si ha “un’efficienza elevata, bassi livelli di rumore, alta resistenza strutturale e performance stabili”, caratteristiche tipiche della forma AF, con “costi di produzione minori e resistenza a temperature elevate”, tipiche della conformazione BC (Bleier, 1997).



*Figura 32: Dettaglio della girante in vista superiore*

Lo spettro di materiali con il quale si può realizzare una girante per turbo compressori è, fortunatamente, ampio. I metodi tradizionali sono caratterizzati da giranti realizzate a partire da alluminio tramite pressofusione o fusione per depressione. Tuttavia, “le giranti fuse (tradizionali) mostrano problemi di rottura per stress spesso riconducibili a difetti di fusione, dovuti ad ossidi o altre impurità o errate tecniche di fusione. Queste giranti possono operare a velocità rotoriche molto elevate, ma ovviamente hanno dei limiti dovuti alla loro conformazione e al materiale utilizzato. Le problematiche maggiori nascono quando il compressore lavora in prossimità del limite di velocità, con conseguente deformazione delle punte delle palette. In tali condizioni, il rischio di sfregamento delle punte sul profilo di lavoro del coperchio diventa notevole. Un altro problema di affidabilità nasce quando il compressore lavora a fronte di elevate frequenze, che portano in vibrazione le pale con conseguente rottura per stress.

La finitura della girante è fondamentale: variazioni dello spessore delle pale, derivanti dal processo di fusione, obbligano ad eseguire importanti asportazioni di materiale, necessarie per ottenere la necessaria bilanciatura senza la quale si incorrerebbe in fenomeni di rumorosità e prematura usura del sistema di sostentamento del rotore.

Per incrementare la resistenza del compressore e migliorare la precisione delle forme geometriche ci si può avvalere della più costosa ma sofisticata realizzazione tramite il

processo di asportazione di materiale da una barra d'alluminio ad alta resistenza. Tale processo viene consentito grazie alla tecnologia offerta dai moderni macchinari operanti su 5 assi ad alta precisione. La struttura molecolare della barra ottenuta per forgiatura è migliore rispetto a quella ottenuta per fusione” (Saito, s.d.)

#### 9.4 Manopola e display

Contrariamente ai piani cottura a gas più comuni, *Aspire* propone un innovativo meccanismo di accensione dei bruciatori. Una singola manopola centrale consente la selezione e la gestione di più bruciatori tramite una singola interfaccia, semplificando notevolmente l'esperienza dell'utente.



Figura 33: Viste di dettaglio della manopola

La manopola centrale, elemento di focus visivo poiché l'unica componente che emerge dal piano, viene concepita con uno schermo circolare OLED e una ghiera metallica che lo avvolge. Tramite un software dedicato ed un'interfaccia semplice e minimale, permette la selezione e il controllo dei singoli bruciatori.

L'utente può agevolmente scegliere il bruciatore desiderato mediante la rotazione della ghiera. In seguito, una leggera pressione sulla manopola permette la fuoriuscita del gas e l'accensione della fiamma associata al bruciatore selezionato. Una volta innescato, la fiamma può essere regolata in intensità ruotando la ghiera in senso orario, consentendone un'accurata modulazione dell'intensità. L'interfaccia intuitiva e unificata del piano cottura rende fluida e semplice l'operatività, garantendo un controllo preciso e personalizzato della cottura.



Figura 34: Vista frontale della parte superiore del piano

Parallelamente, la gestione dell'intensità della ventola, parte integrante del sistema, segue la stessa logica del bruciatore. Attraverso la selezione del menu specifico dalla schermata principale, è possibile regolarne l'intensità in modo agevole, assicurando un'efficace e silenziosa aspirazione durante il processo di cottura.

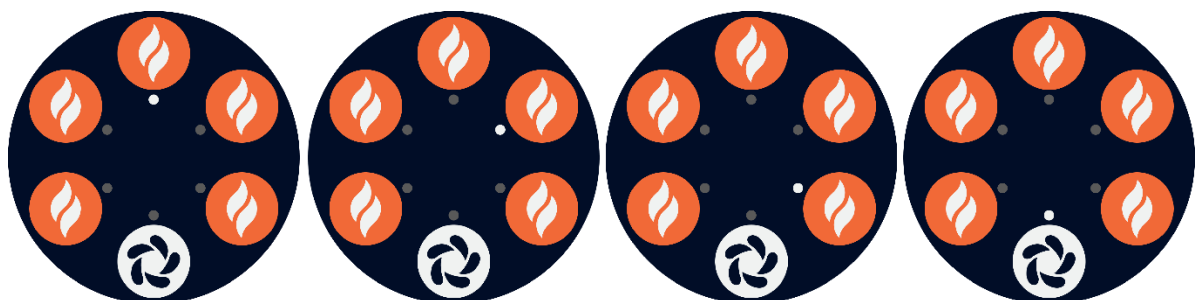


Figura 35: Interfaccia principale della manopola

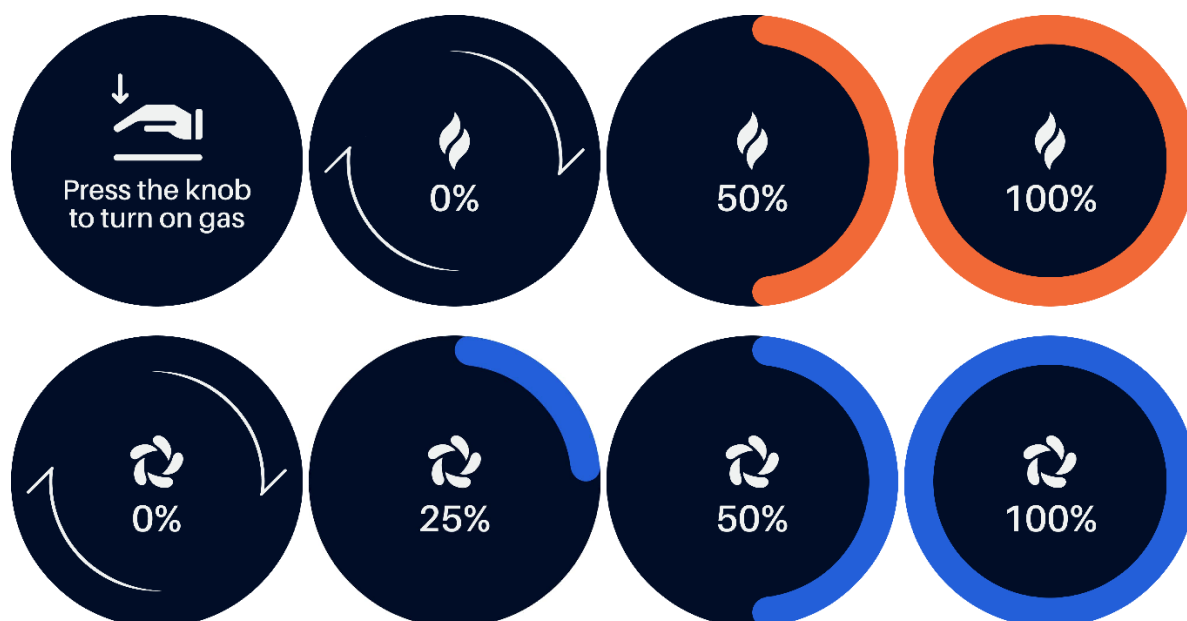


Figura 36: Interfaccia della manopola per regolazione dell'intensità di fiamma e della ventola

## 9.5 Vasca di raccolta

Per preservare l'integrità del motore e delle componenti elettroniche della cappa nel caso in cui dovessero riversarsi dei liquidi all'interno dei filtri, è stato implementato, a valle del sistema di canalizzazione, un aggancio cilindrico per l'alloggiamento di un serbatoio. Esso, grazie alla sua conformazione semicircolare e alla presenza di due magneti nelle rispettive superfici adiacenti, è facilmente estraibile e svuotabile, nonché lavabile in lavastoviglie.

La facilità di estrazione e la compatibilità con il lavaggio in lavastoviglie sono state concepite per garantire un mantenimento ottimale dell'intero sistema, riducendo il rischio di accumuli di residui e garantendo una manutenzione agevole e efficace nel tempo.



Figura 37: Dettaglio incastro vasca di raccolta

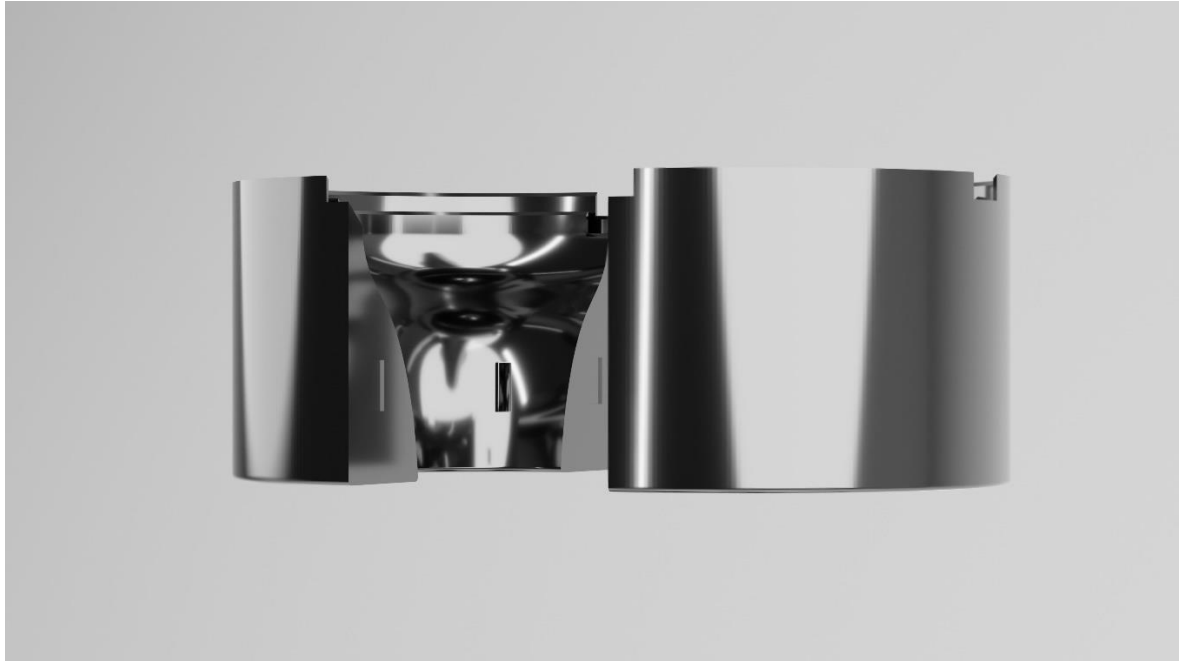


Figura 38: Dettaglio vasca di raccolta e magneti



Figura 39: Dettaglio vasca di raccolta montata

## 9.6 Bruciatore, tubi per gas e valvola

Poiché la fiamma generata dai bruciatori tradizionali segue un flusso la cui normale ha direzione centrifuga, fattore che avrebbe generato numerosi problemi nello sviluppo di progetto (data l'imbutitura inversa del piano, e, quindi, uno spazio notevolmente vincolato lungo gli assi orizzontali e verticali), è stato necessario inserire all'interno di *Aspire* una gamma di bruciatori il cui calore fosse direzionato verticalmente, senza, però, trascurarne la potenza e l'efficienza.

Di conseguenza, all'interno degli spazi loro dedicati, sono stati inseriti dei bruciatori detti *Flat*. Realizzati dall'azienda Bresciana Sabaf, costituiscono "l'espressione della più recente tendenza nel settore di alta gamma dei piani cottura da incasso. La ricerca spasmodica di linee essenziali e la richiesta di riduzione delle parti visibili ha portato a sviluppare un prodotto di altissimo impatto visivo con prestazioni di assoluta eccellenza" (Sabaf Group, s.d.).

Come si può notare dall'immagine seguente, i bruciatori *Flat* consentono alla fiamma di fluire naturalmente verso l'alto, eliminando la totalità delle componenti non necessarie ed, esteticamente, poco gradevoli.



Figura 40: Bruciatore serie Flat, Sabaf Group

Considerando il diametro dei tubi di gas pari ad 1 centimetro, è possibile forare la sezione posteriore del sistema di canalizzazione dell'aria senza compromettere il flusso stesso. Tale concetto è esemplificato nell'immagine successiva per chiarirne l'aspetto visivo.



Figura 41: Dettaglio sull'inserimento del tubo per il passaggio del gas



Infine, l'impiego di una elettrovalvola per ciascun canale, consente un preciso controllo e una direzionalità mirata del flusso d'aria all'interno della cappa aspirante. Grazie a un sistema di regolazione elettronico, la valvola può modulare con precisione l'intensità e la direzione del flusso, garantendo un'efficace estrazione durante la cottura. Così facendo, è possibile indirizzare il flusso direttamente sulle fonti di fumi e vapori, trascurando le zone che, in quel momento, non vengono sfruttate.



*Figura 42: Elettrovalvola in dettaglio*

## 9.7 Prototipazione

La totalità dei componenti impiegati nella fase di prototipazione, invece, è stata realizzata tramite stampa 3D con tecnologia FDM (fusion deposition modelling). Grazie ad essa, un filamento di PLA rinforzato al carbonio costituisce gli elementi principali, quali la girante e tutti i componenti più esposti alle sollecitazioni, mentre un normale filamento di PLA compone la canalizzazione e le componenti secondarie del sistema.

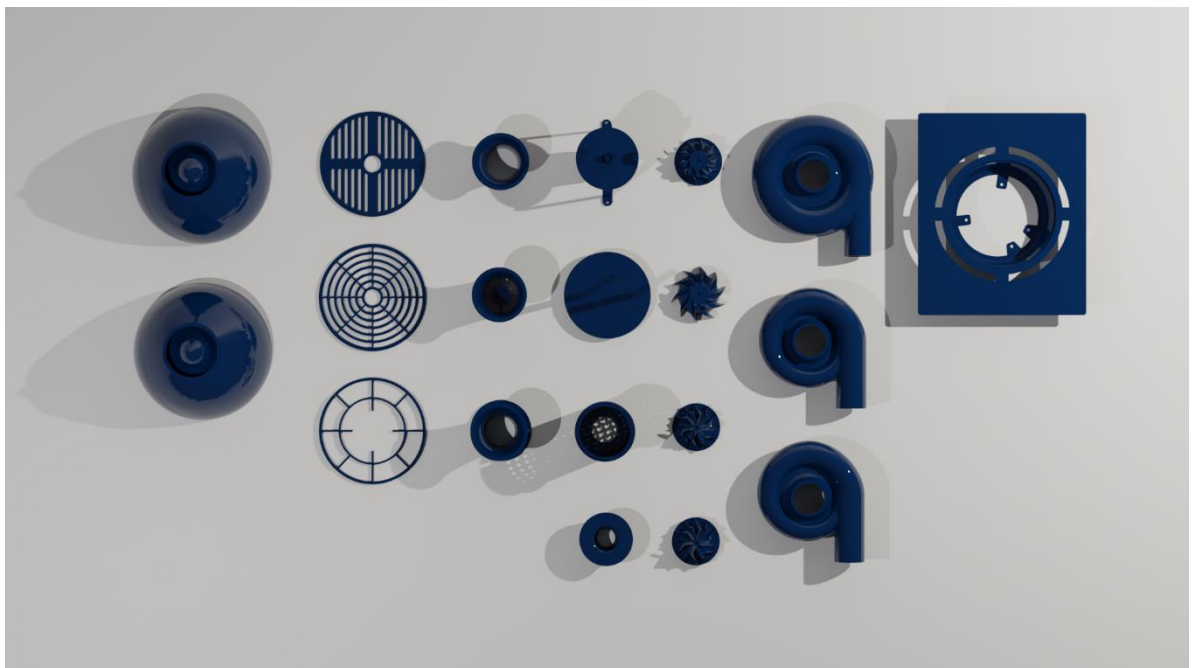


Figura 43: Viste di prototipi

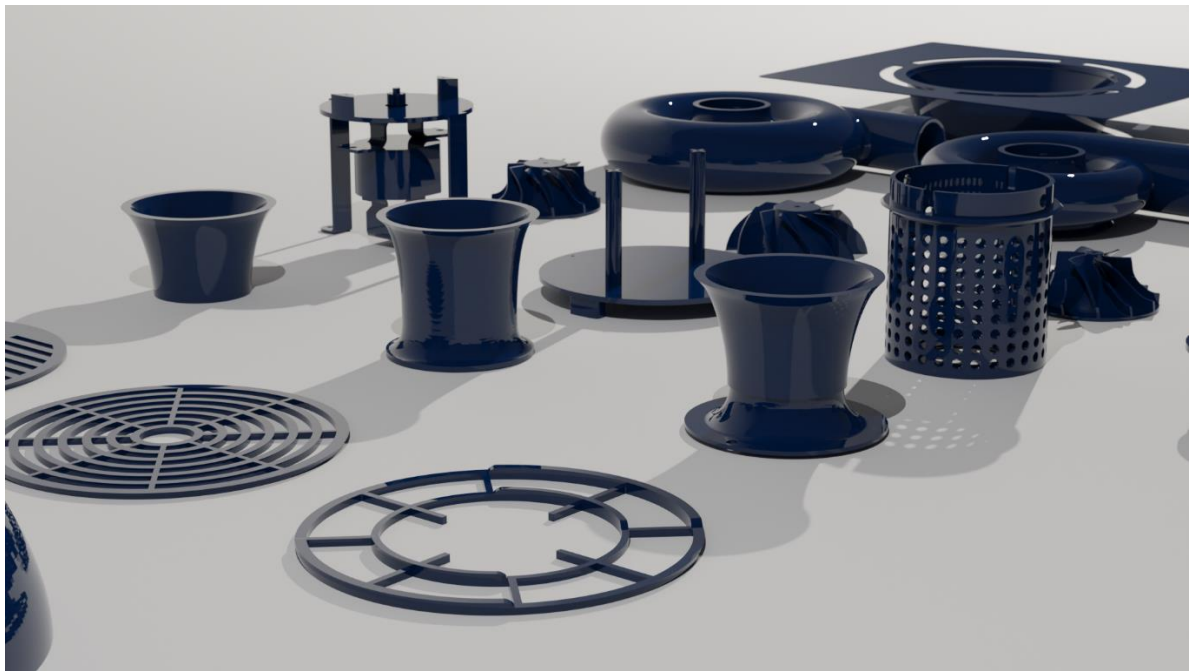
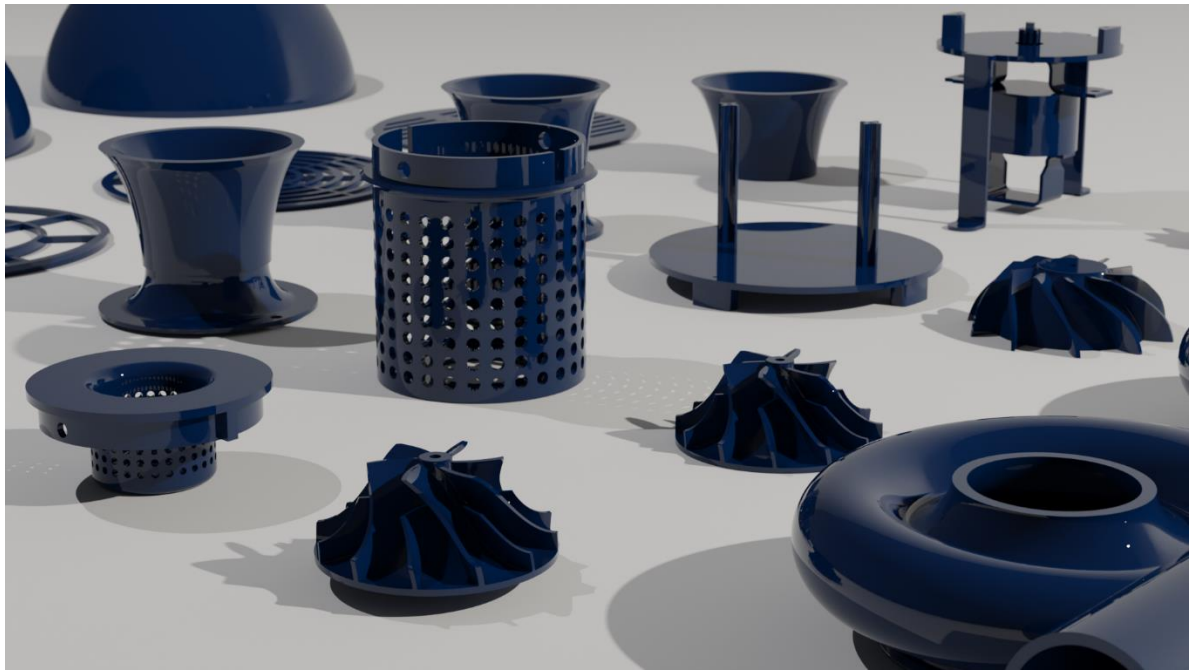


Figura 44: Viste di dettaglio dei prototipi

## **10. Costi**

Il calcolo del prezzo di vendita di un sistema di aspirazione innovativo come *Aspire* richiede un'analisi accurata e una suddivisione dei costi provenienti da diversi aspetti operativi. Per determinare il prezzo finale della cappa aspirante, si considerano tre categorie di costo indicate come: costo di trasformazione dei materiali, costo degli utensili impiegati nella lavorazione in rapporto alla singola unità prodotta e costo delle materie prime.

### **10.1 Costo di Trasformazione dei Materiali:**

I costi di trasformazione dei materiali dipendono dal processo di lavorazione dello stesso. Nel caso del suddetto progetto, i materiali utilizzati sono acciaio INOX, alluminio e leghe metalliche, i cui processi di trasformazione sono, principalmente, taglio laser, piegatura e saldatura. Supponendo che il processo di lavorazione per una singola cappa richieda 8 ore di lavoro totale, considerando i vari processi di taglio, piegatura, saldatura e rifinitura, il costo orario della manodopera e della lavorazione dei materiali contribuirà significativamente al costo totale di trasformazione dei materiali. Inoltre, la manodopera necessaria all'assemblaggio e all'installazione di un apparato aspirante è un tipo di lavoro specializzato. Di conseguenza, è possibile stimare un costo di circa 200€ per singola unità come costi di trasformazione dei materiali.

### **10.2 Costo degli Utensili Impiegati**

Gli utensili necessari alla realizzazione di un corpo aspirante, introdotti precedentemente, comprendono macchine per taglio, stampaggio, saldatura, piegatura e rifiniture superficiali.

Per calcolare il costo degli utensili, si considera il tempo medio che ogni macchina impiega nella produzione dei vari componenti del sistema, rapportandolo al costo totale dell'utensile. Il costo degli utensili viene, ancora una volta, calcolato come un costo unitario aggiuntivo per singola unità prodotta.

Supponendo che:

- Il laser da taglio, dal valore di 100.000 € circa, richieda in media 30 minuti per tagliare le parti della cappa.
- La pressa piegatrice, dal valore di 150.000 € circa, richieda in media 5 minuti per piegare le parti della cappa.
- Il robot saldatore, dal valore di 250.000 € circa, richieda in media 60 minuti per eseguire le saldature.

La cui durata di esercizio sia:

- Tra le 20.000 e le 50.000 ore di funzionamento per il laser.
- Tra le 10.000 e le 20.000 ore di funzionamento per la pressa.
- Tra le 40.000 e le 60.000 ore di funzionamento per il robot saldatore.

1) Costo del Laser da Taglio:

Tempo impiegato per singola cappa = 30 minuti = 0,5 ore

Costo del laser per singola cappa = (Costo del laser/durata di esercizio) \* 0,5  
= 2,5€/

2) Costo della pressa piegatrice:

Tempo impiegato per singola cappa = 5 minuti = 0,12 ore

Costo della pressa per singola cappa = (Costo della pressa/durata di esercizio) \* 0,12  
= 2 €/h

3) Costo del robot saldatore:

Tempo impiegato per singola cappa = 60 minuti = 1 ore

Costo del laser per singola cappa = (Costo del robot/durata di esercizio) \* 1  
= 6,5€/h

Costo totale degli utensili = 10€/ora

### 10.3 Costo delle materie prime

Come definito precedentemente, il corpo aspirante sfrutta un motore brushless ed una girante per turbo compressore per generare il flusso d'aria. In aggiunta, sono necessari dei filtri antigrasso e a carbone per il filtraggio ed un sistema di canalizzazione composto da condotto cilindrici. Infine, un comparto di elettronica è funzionale all'accensione, spegnimento e regolazione del motore stesso.

Si considera il prezzo di 20€ per il motore, 50€ per la girante in alluminio, 30€ per filtri, 100€ per il sistema di tubazione e 200€ per il controller touchscreen e relativi cablaggi. Inoltre, l'alloggiamento del motore e gli elementi terminali delle tubazioni costituiscono un'ulteriore spesa; in quanto sono componenti geometricamente unici, questi devono essere realizzati tramite stampi in materiale polimerico. Il loro costo, presi singolarmente, è di circa 50€

Il totale delle materie prime e dei componenti ammonta, così, a circa 450€.

Calcolando la somma tra il costo di trasformazione dei materiali, il costo degli utensili impiegati nella lavorazione ed il costo delle materie prime, si ottiene una spesa di 660 €.

Infine, per determinare il prezzo di vendita finale, si suppone un margine di profitto del 30% sui costi di produzione. Così facendo, si ottiene un valore di 858€ per unità.

**11. Render ambientati**



*Figura 45: Rappresentazione visiva di 'Aspire' in un contesto di utilizzo quotidiano*







*Figura 46 Rappresentazione visiva di 'Aspire' in un contesto di utilizzo quotidiano*





*Figura 47: Rappresentazione visiva di 'Aspire' in un contesto di utilizzo quotidiano*





*Figura 48: Rappresentazione visiva di 'Aspire' in un contesto di utilizzo quotidiano*



## Conclusioni

Il progetto “*Aspire*” si è configurato come una risposta innovativa e avanzata per gli appassionati della cottura a fiamma, offrendo una soluzione che unisce semplicità, rapidità ed efficienza. Il suo scopo principale è stato quello di fornire una soluzione esteticamente pulita e minimale, senza compromettere l'efficienza e garantendo un impatto acustico ridotto.

Durante il percorso di sviluppo, è stata posta grande attenzione all'integrazione delle migliori tecnologie disponibili per garantire prestazioni ottimali e un'esperienza utente superiore. In primo luogo, è stato introdotto un motore brushless, estremamente performante quanto silenzioso. Inoltre, l'utilizzo di elementi provenienti dal mondo automobilistico, quali girante e turbo compressore, assieme ad uno studio della fluidodinamica e all'applicazione di tecniche per la cancellazione attiva del rumore, puntano a soddisfare le esigenze degli utenti che ricercano la praticità e l'efficacia senza rinunciare alla funzionalità e al design.

Infine, lo studio dei dettagli tecnici come il dimensionamento del comparto aspirante e della girante, così come l'esperienza concreta di utilizzo, resa possibile grazie ad interfacce semplici ed intuitive, e il costo dei processi necessari per la realizzazione del prodotto sono una base di partenza solida per uno sviluppo tangibile di progetto.

In questo modo, esso si posiziona come un'opzione all'avanguardia nel mercato delle soluzioni per la cottura a fiamma. La combinazione di estetica, prestazioni e praticità rende “*Aspire*” una soluzione di riferimento per gli amanti della cucina.

## Bibliografia

- Steel Cucine. (2022). *Steel Cucine - Chi Siamo*. Tratto da Steel Cucine: <https://www.steel-cucine.com/it/chi-siamo>
- Ailawadi, A. (2022, Luglio 10). How James Dyson Built a Company Based on Innovation: Dyson products are generally high on innovation. But the path to each successful product involves a lot of hard work and lessons from failure. *Business Today; New Delhi*.
- Bleier, F. P. (1997). *Fan Handbook: selection, application and design*. McGraw-Hill Education - Europe.
- BSH Elettrodomestici S.p.A. (s.d.). *Cappa aspirante o filtrante? Differenze e quale scegliere*. Tratto da Bosch: <https://www.bosch-home.com/it/scopri-bosch/bosch-stories/cappa-aspirante-o-filtrante>
- Coker, A. K. (2007). *Ludwig's Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*. Elsevier Inc. doi:978-0-7506-7766-0
- Compression Equipment (Including Fans). (s.d.). In *Ludwig's Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*.
- Dall'Ava, M. (2018, Novembre 16). *Come funziona il motore ciclonico di Dyson*. Tratto da Wired: <https://www.wired.it/gadget/elettrodomestici/2018/11/16/motore-ciclonico-dyson/>
- Dowling, S. (2013, Marzo 14). <https://www.bbc.com/future/article/20130312-failure-is-the-best-medicine>. Tratto da BBC: <https://www.bbc.com/future/article/20130312-failure-is-the-best-medicine>
- Electrolux. (2021-2022). *Cappe aspirante - Nozioni fondamentali per la progettazione e la vendita*.
- ENEA. (2021). *L'Etichetta Energetica 2021*. Ministero dello Sviluppo Economico.
- Faber S.p.A. (2023, Marzo 21). *I consumi delle cappe da cucina: come risparmiare sulla bolletta*. Tratto da Faber: <https://www.faberspa.com/blog/innovazione/i-consumi-delle-cappe-da-cucina-come-risparmiare-sulla-bolletta/>
- Faber S.p.A. (s.d.). *Guida alla scelta della cappa da cucina*. Tratto da Faber: <https://www.faberspa.com/guida-alla-scelta-della-cappa/>
- Faber S.p.A. (s.d.). *Uso, manutenzione e pulizia della tua cappa Faber*. Tratto da Faber: <https://www.faberspa.com/manutenzione-e-pulizia/>
- Hangyeol Park, H. C. (2019). An effective ventilation system for preventing indoor PM2.5 dispersion. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 609. doi:10.1088/1757-899X/609/4/042050
- Joanna Izabela Lachowicz, S. M. (2022). *Cooking Particulate Matter: A Systematic Review on Nanoparticle Exposure in the Indoor Cooking Environment*. University of Cagliari / King Abdullah University of Science and Technology (KAUST / University of Pavia / University of Palermo, Department of Medical Sciences and Public Health / Division of Biological and Environmental / Experimental and Forensic Medicine / Department of Sciences for Health Promotion and Mother and Child Care. Atmosphere.



- Johnston, L. H. (2017, Aprile 20). The man behind the machines: Technology Dyson's Mike Aldred is masterminding the robotics revolution — one household device at a time. Lucy Hunter Johnston meets him. *London Evening Standard, West End final [ed. ]*; London.
- Junyan Dong, Y. F. (2020). Overview of the application of active noise control technology in the indoor acoustic environment. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*(508). doi:10.1088/1755-1315/508/1/012021
- Krzysztof Mazur, M. P. (2023). Global noise reduction in free-field conditions by using active noise-controlling casings. *Mechanical Systems and Signal Processing*. doi:https://doi.org/10.1016/j.ymsp.2023.110393
- Kyungmo Kang, T. K. (2023). *An Investigation of Concentration and Health Impacts of Aldehydes Associated with Cooking in 29 Residential Buildings*. Daejin University / Yonsei University / Cheongju University Republic of Korea, Division of Architectural Engineering / Department of Architecture and Architectural Engineering / Department of Architectural Engineering , Pocheon-si / Seoul / Cheongju. doi:https://doi.org/10.1155/2023/2463386
- Leroy Merlin. (2022, Giugno 21). *Come scegliere la cappa per cucina*. Tratto da Leroy Merlin: <https://www.leroymerlin.it/come-scegliere-cappa-per-cucina.html>
- Liu Sun, B. C. (2023). Cooking methods and kitchen ventilation availability, usage, perceived performance and potential in Canadian homes. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 33:439–447. doi:https://doi.org/10.1038/s41370-023-00543-z
- Market Zion, R. (2023). *Global Modular Kitchen Market Size Is Anticipated to Acquire \$33.1 Billion by 2030*. United States, New York: NASDAQ OMX Corporate Solutions, Inc.
- Ministero della salute: Direzione generale della prevenzione sanitaria. (2015). *Particolato*. Tratto da [https://www.salute.gov.it/imgs/C\\_17\\_opuscoliPoster\\_283\\_ulterioriallegati\\_ulterioreallegato\\_7\\_alleg.pdf](https://www.salute.gov.it/imgs/C_17_opuscoliPoster_283_ulterioriallegati_ulterioreallegato_7_alleg.pdf)
- Ministero dell'Economia e delle finanze. (2023, Gennaio). *Bonus mobili ed elettrodomestici*. Tratto da Agenzia delle entrate: <https://www.agenziaentrate.gov.it/portale/web/guest/aree-tematiche/casa/agevolazioni/bonus-mobili-ed-elettrodomestici>
- Noctua. (2012). *Noctua ANC Project* . Tratto da Noctua: [https://noctua.at/de/noctua\\_anc\\_project](https://noctua.at/de/noctua_anc_project)
- Nokhaeng Lee, Y. P. (2016). Active Noise Control for Dishwasher noise. *Journal of Physics: Conference Series*(744). doi:10.1088/1742-6596/744/1/012189
- Regolamento delegato (UE) N. 65/2014 della commissione*. (2014, Gennaio 31). Tratto da Gazzetta ufficiale dell'Unione europea: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX%3A32014R0065>
- Sabaf Group. (s.d.). *Bruciatori Flat*. Tratto da Sabaf: <https://www.sabaf.it/it/prodotti/speciali/flat>
- Saito. (s.d.). *Giranti dal Pieno*. Tratto da Saito: <https://www.saito.it/p/giranti-dal-pieno>
- Scavolini. (s.d.). Una cucina conviviale. *Scavolini Magazine*. Tratto da <https://www.scavolini.com/it/magazine/una-cucina-conviviale>
- Siemens. (s.d.). *Potenza della cappa aspirante: quale serve per aspirare bene?* Tratto da Siemens: <https://www.siemens-home.bsh-group.com/it/inspiration/blog/potenza-cappa-aspirante>

Talpone, F. (s.d.). Motori Brushless, Motori DC e Motori AC. *Introduzione Tecnica: Motori Brushless, Motori DC e Motori AC; Informazioni per un linguaggio comune sull'uso dei motori elettrici nelle diverse applicazioni*. Tratto da <https://www.moog.it/content/dam/sites/italy/pdf/servomotori/moog-motori-brushless-e-non-come-funzionano-relazione-tecnica.pdf>

Treccani, Enciclopedia on line. (s.d.). *Convezione*. Tratto da Treccani: <https://www.treccani.it/enciclopedia/convezione/>

Unimore. (2013, Luglio 4). *Fisica, onde Musica*. Tratto da Unimore: [https://fisicaondemusica.unimore.it/Livelli\\_di\\_pressione\\_sonora.html](https://fisicaondemusica.unimore.it/Livelli_di_pressione_sonora.html)