



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAMERINO

SCUOLA DI ARCHITETTURA E DESIGN “E. VITTORIA”

CORSO DI LAUREA IN

Design per l'innovazione digitale
.....

TITOLO DELLA TESI

ACOFEA: Dispositivo fonoassorbente bioispirato per un'acustica intra-attiva e adattiva.
.....
.....
.....

Laureando/a

Nome.....
Andrea Nicolardi

Firma.....
Andrea Nicolardi

Relatore

Nome.....
Lucia Pietroni

Firma.....
Lucia Pietroni

Se presente eventuale Correlatore indicarne nominativo/i

.....

.....

ANNO ACCADEMICO

2024/2025
.....

SPAZI INTERATTIVI E ADATTIVI

L'ambiente che viviamo è definito dal tipo di prodotti che lo compongono.

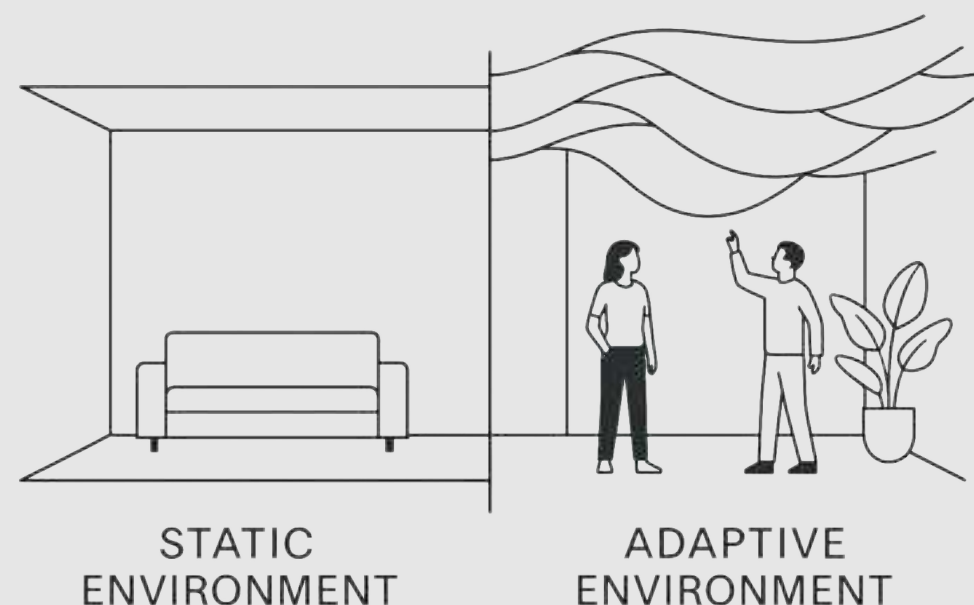
Se questi prodotti sono STATICI, lo sarà anche l'ambiente.

Se i prodotti sono ADATTIVI e intelligenti, allora lo sarà anche lo spazio.

A rendere adattivi i prodotti è la loro capacità di compiere attivamente una funzione, rispondendo ad uno stimolo e non ad un comando. Un ambiente adattivo è capace di rispondere in modo dinamico ai cambiamenti delle necessità, delle emozioni o abitudini degli utenti, contribuendo a migliorarne il benessere.

ELEMENTI CHIAVE DEGLI AMBIENTI ADATTIVI

1. RILEVAZIONE DI STIMOLI: diretti o indiretti.
2. MUTAMENTO COSTANTE: programmato o in risposta a stimoli.
3. ESPERIENZE PERSONALIZZATE: in base a necessità e contesto.

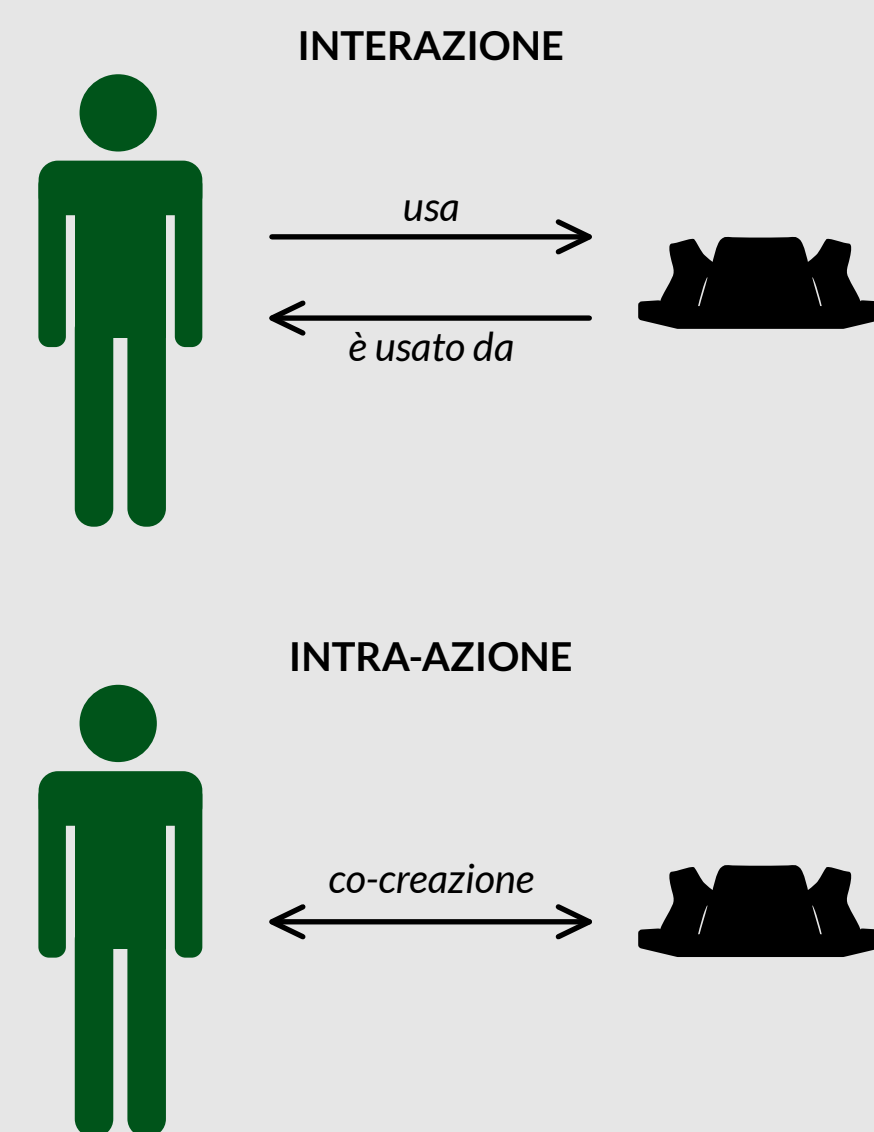


INTRA-AZIONE

Uno degli aspetti fondamentali che definiscono la materia del design è l'interazione. È un tema molto ampio e discusso, che con lo sviluppo tecnologico e la nascita di nuove figure professionali ha portato a nuovi modi di concepire la relazione tra utente e prodotto.

Uno di questi nuovi concetti è quello introdotto dalla filosofa e fisica Karen Barad (2007): Intra-Azione. L'intra-azione suggerisce che: "le due entità che comunicano non sono pre-esistenti, ma emergono insieme tramite la relazione. Il risultato della relazione non avviene usando o essendo usati, ma viene co-creato. Così come l'utente usa il prodotto, il prodotto usa l'utente."

Questo aspetto è fondamentale per la creazione di ambienti adattivi.



CASI STUDIO PROGETTI ADATTIVI E INTRA-ATTIVI

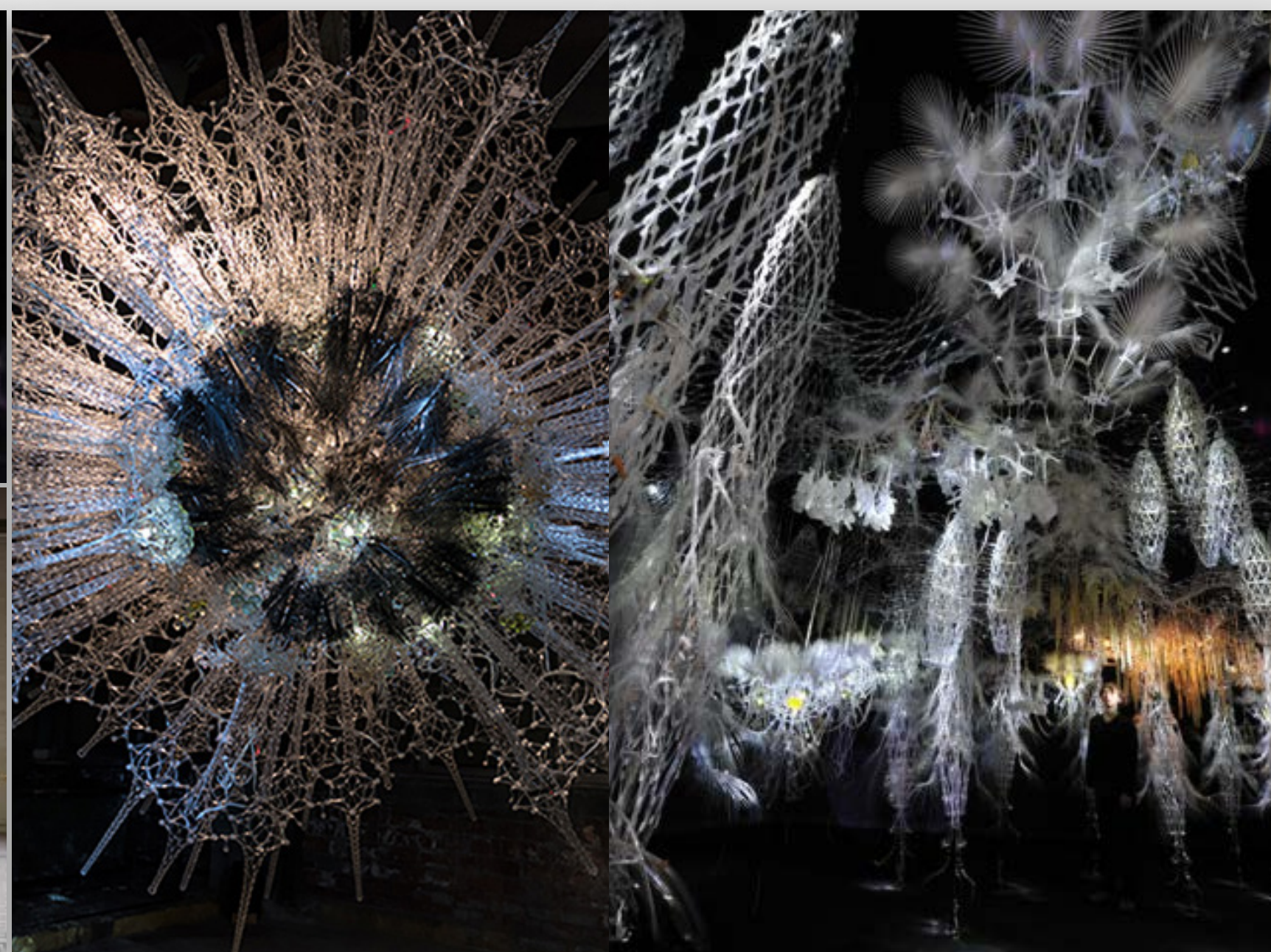
Wind 5.0 - Dune - Lotus di Studio Roosegaarde



UK Pavilion Megafaces (2014) di Asif Khan



Micro bial Home di Philips



Hylozoic ground of Philip Beesley

ACUSTICA INDOOR

Il suono ha un ruolo sia funzionale che emozionale ed ha un impatto profondo sul benessere fisico e psicologico. L'inquinamento acustico è una delle principali cause di disturbo negli ambienti abitativi, rendendo essenziale una gestione intelligente e dinamica del suono.

Migliorare le condizioni acustiche di un ambiente significa: migliorare l'intelligibilità della voce, evitare riverberi eccessivi che affaticano l'ascolto o isolare ambienti per garantire privacy e concentrazione. Un buon controllo acustico rende gli spazi più vivibili, funzionali e produttivi.

ABCD DEL DESIGN ACUSTICO BILANCIATO

ASSORBIRE



BLOCCARE



COPRIRE



DIFFONDERE

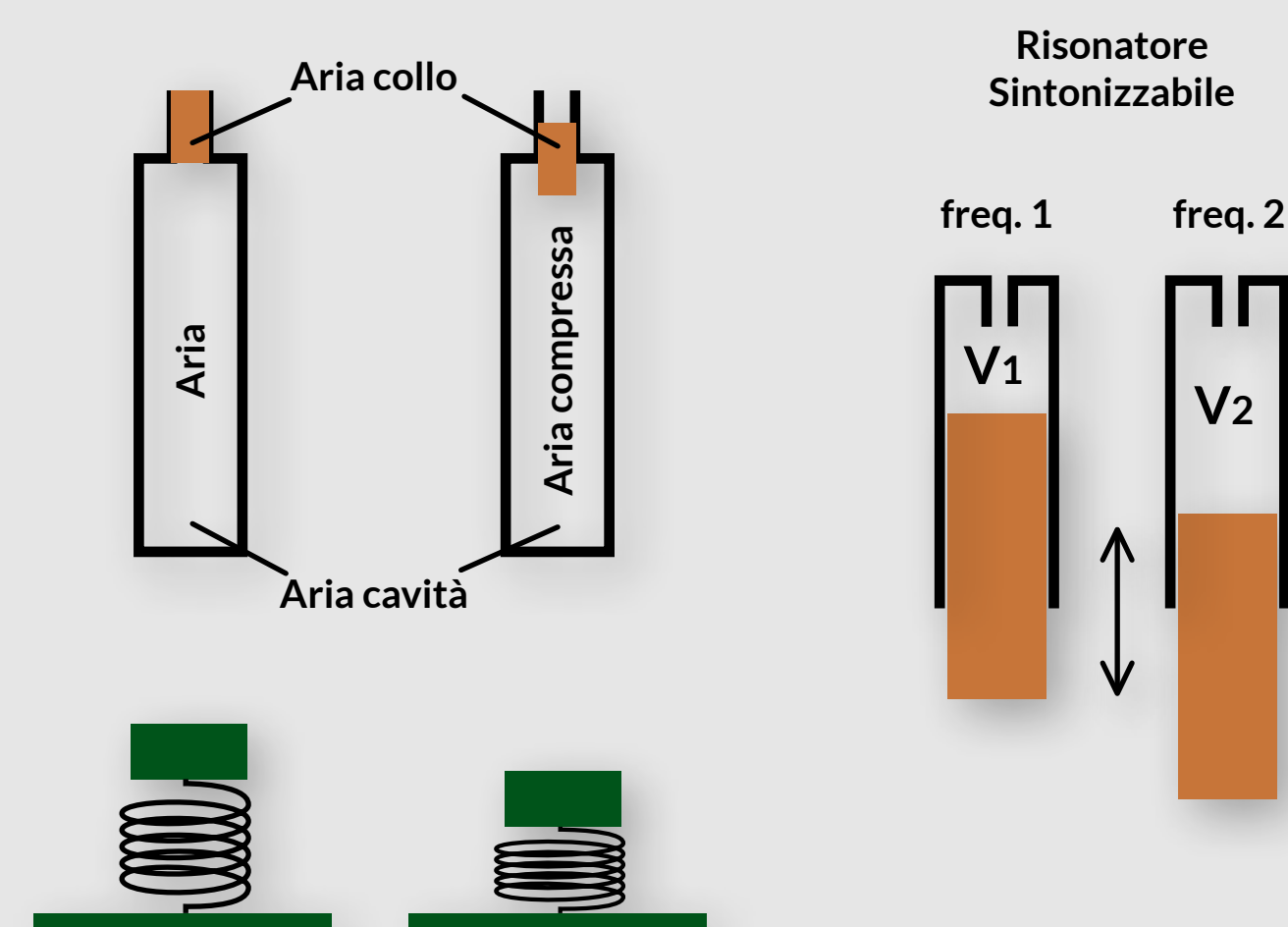


ASSORBIMENTO MIRATO

L'assorbimento può diventare mirato tramite l'uso del principio dei risonatori Helmholtz. Questo dice che è possibile assorbire suoni su specifiche frequenze di risonanza, in base a:

- Volume della cavità,
- Lunghezza del collo,
- Diametro del collo.

Funziona come un sistema massa-molla: l'aria nel collo vibra (massa), l'aria nella cavità agisce come molla. Quando il suono esterno ha la stessa frequenza di risonanza, l'energia acustica viene assorbita ed è dissipata per attrito viscoso e perdite termiche. Modificando geometria e dimensioni, si può sintonizzare il risonatore.



BIOMIMESIS PER IL SUONO E LE VIBRAZIONI

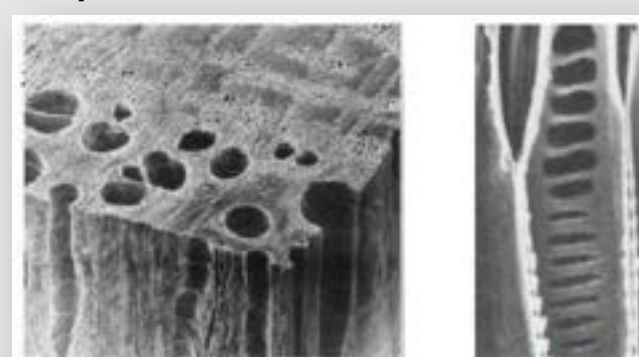
La biomimesi è una disciplina che permette di studiare e imitare i comportamenti e le strutture della natura, al fine di trovare soluzioni innovative per migliorare le attività e le tecnologie umane. Con la biomimetica la natura viene presa a modello, è possibile infatti imparare e apprendere continuamente per creare un'innovazione sostenibile.

In questo progetto è stato portato avanti l'approccio top-down. Si è partiti dal problema specifico e si sono cercate soluzioni tra i modelli biologici esistenti. In natura i suoni e le vibrazioni vengono usati per vari scopi, tra cui l'attrazione, la caccia e la riproduzione.

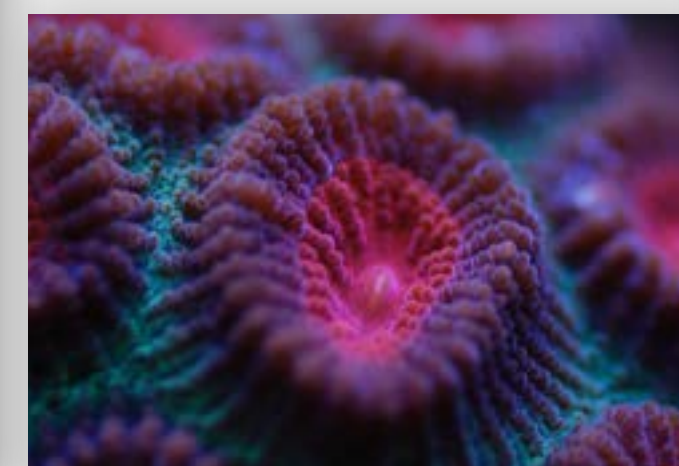


SINTONIZZAZIONE
Rana del Borneo: regola la propria vocalizzazione per sfruttare la risonanza del buco in cui si trova (sintonizzazione acustica adattiva).

ASSORBIMENTO
Struttura del legno: dissipa l'energia acustica grazie alla sua architettura porosa multiscala, ottimizzando assorbimento e attenuazione del suono su un'ampia gamma di frequenze.



L'approccio biomimetico è stato applicato non solo all'assorbimento acustico, ma anche alla progettazione della struttura e del movimento di ACOFEA. Questi elementi si ispirano a organismi come l'Attinia Equina e i coralli di Orbicella Faveolata, approfonditi nella tavola "BIOISPIRAZIONE_03".



ACOFEA

DISPOSITIVO FONOASSORBENTE BIOISPIRATO PER UN'ACUSTICA INTRA-ATTIVA E ADATTIVA



PROGETTO

ACOFEA è un sistema modulare bio-ispirato fonoassorbente che contribuisce alla qualità acustica degli ambienti indoor in modo adattivo e intelligente.

Il progetto nasce da una riflessione sulla relazione tra esseri umani, suono e spazio, e si sviluppa come risposta concreta alla necessità di ambienti più sensibili, flessibili e consapevoli.

Obiettivo della tesi è esplorare la possibilità di progettare un dispositivo che non si limiti ad assorbire passivamente il suono, ma che sia in grado di adattarsi dinamicamente alle condizioni ambientali e ai comportamenti dell'utente, modificando in tempo reale le proprie caratteristiche acustiche.

ACOFEA non è un semplice pannello, ma un dispositivo attivo e responsivo, in quanto capace di cambiare forma in funzione delle frequenze di risonanza rilevate, per ottenere un assorbimento sonoro mirato.

Un approccio bio-mimetico, traendo ispirazione dagli anemoni di mare e dall'orbicella faveolata, è stato possibile valorizzare il movimento necessario alla sintonizzazione acustica, piuttosto che nascondere, rendendolo parte integrante del linguaggio espressivo del prodotto.

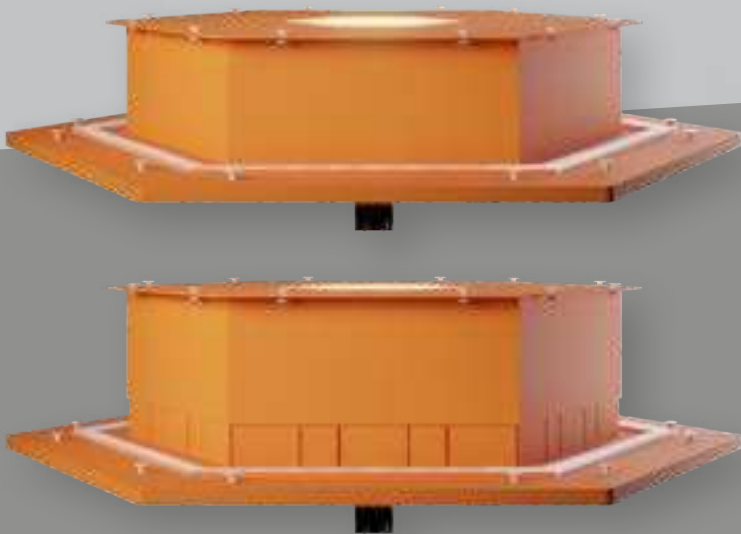
Questo progetto vuole approfondire un'interazione dinamica tra utente e suono, per contribuire al comfort acustico che è spesso sottovalutato negli spazi collettivi contemporanei.

ACOFEA non è solo un prodotto per assorbire il suono, ma anche una riflessione sull'interazione tra l'uomo, gli spazi in cui vive e gli stimoli che non vede.

FUNZIONI

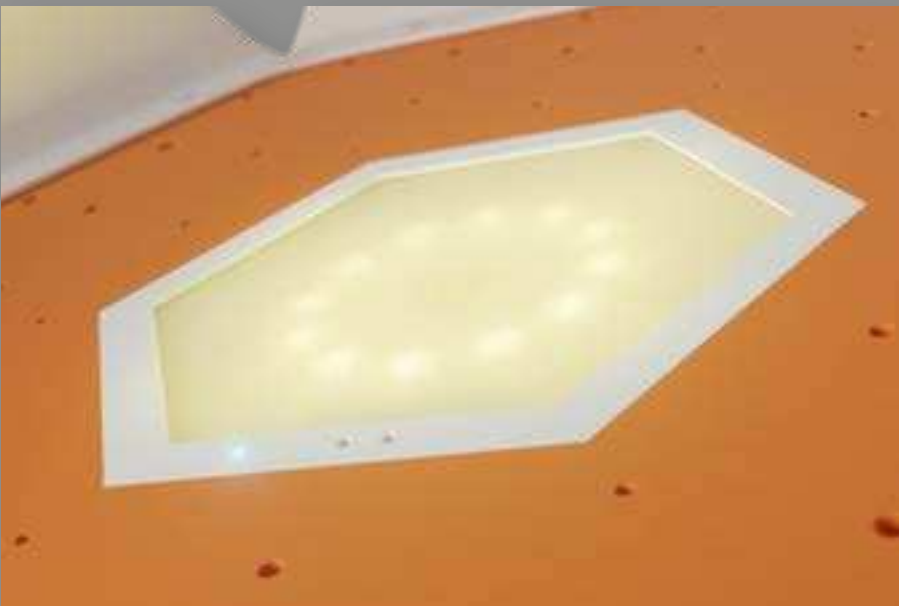
ASSORBIMENTO SONORO MIRATO

ACOFEA non assorbe passivamente il suono, ma lo seleziona. Il principio si ispira ai risonatori di Helmholtz, adattandoli in forma attiva, sintonizzabile e intelligente. In base alle frequenze rilevate da un microfono, l'unità di controllo regola l'estensione dei motori a cui sono collegati dei risonatori. In questo modo è possibile sintonizzare i risonatori variandone il volume di cavità.



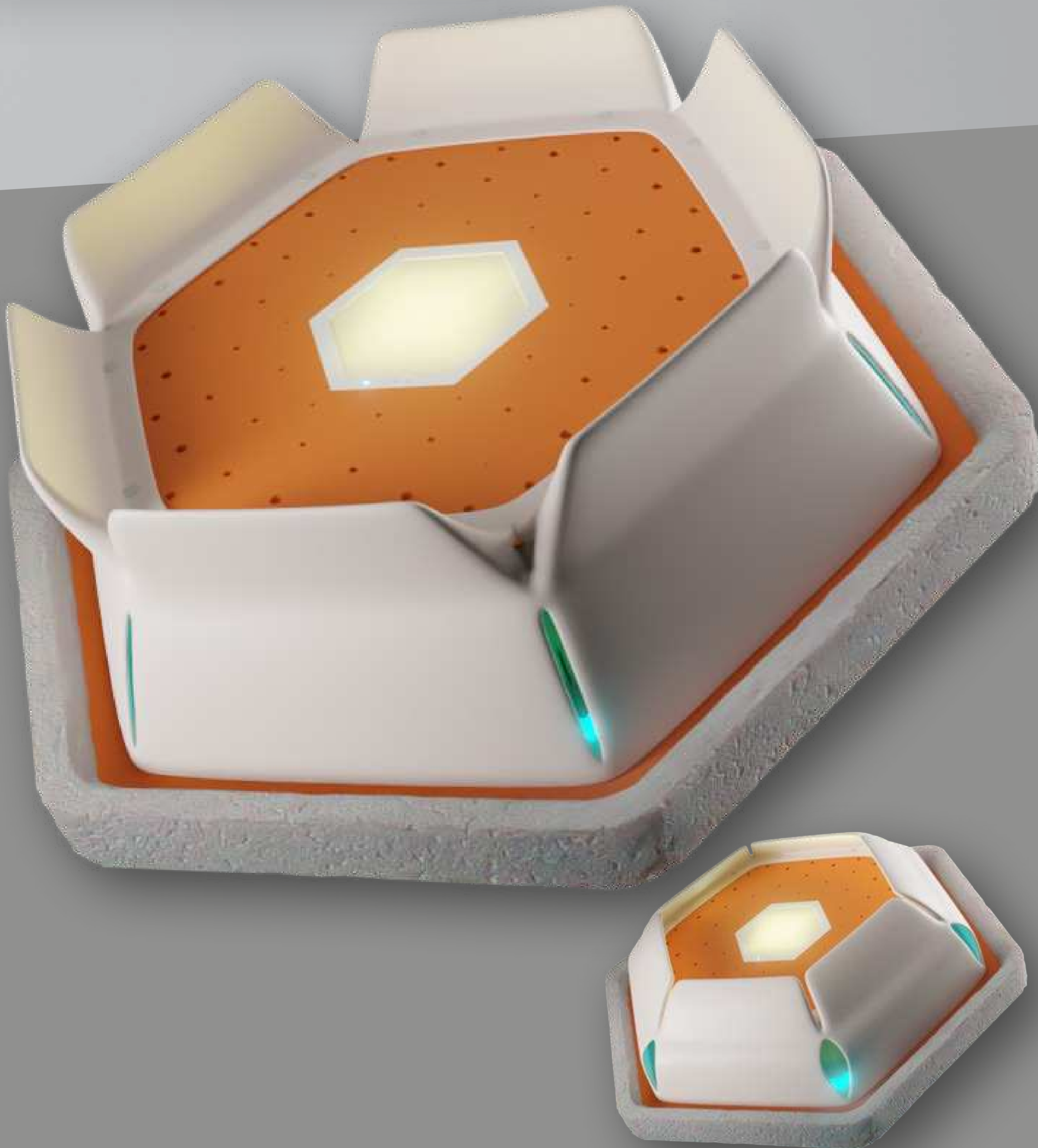
ILLUMINAZIONE SMART

ACOFEA è dotato di una luce principale intelligente, che può essere accesa come fonte di luce classica o con regolazione dell'intensità in base alla luce solare presente nell'ambiente. Un secondo sistema di LED RGB sottolinea visivamente il movimento dei risonatori durante la sintonizzazione acustica.



MAPPATURA SONORA

Attraverso una rete di moduli interconnessi, ACOFEA contribuisce alla costruzione di una mappa acustica distribuita. Gli utenti possono visualizzare su sito o app le frequenze di risonanza rilevate da ciascun modulo, ottenendo così una lettura dinamica della qualità sonora negli ambienti. Uno strumento utile per monitorare il comfort acustico in modo consapevole e partecipativo.



ANATOMIA ACTINIA EQUINA

Per la progettazione della struttura del modulo di assorbimento, ACOFEA prende ispirazione dall'anatomia dell'*Actinia Equina*.

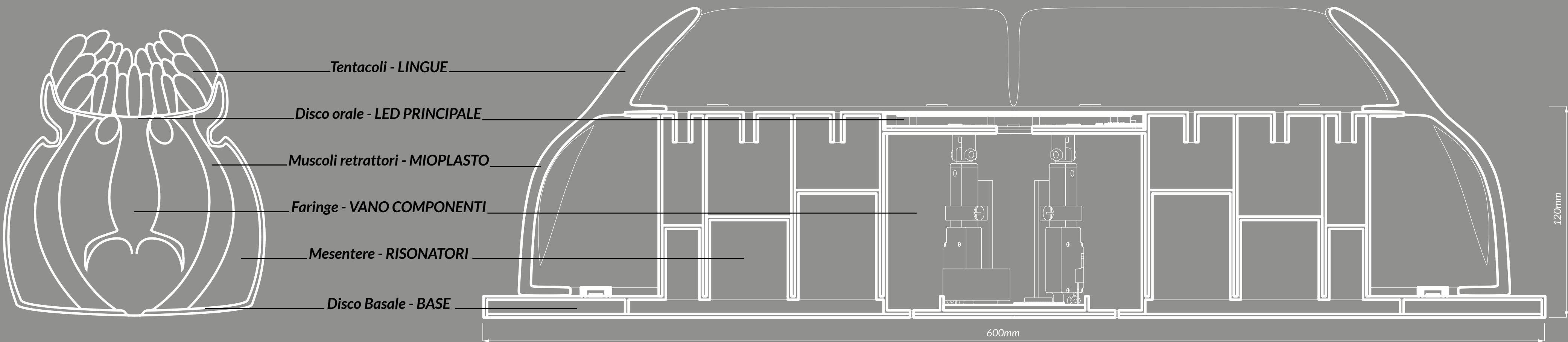
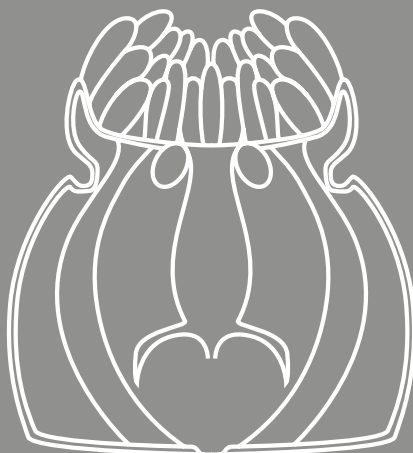
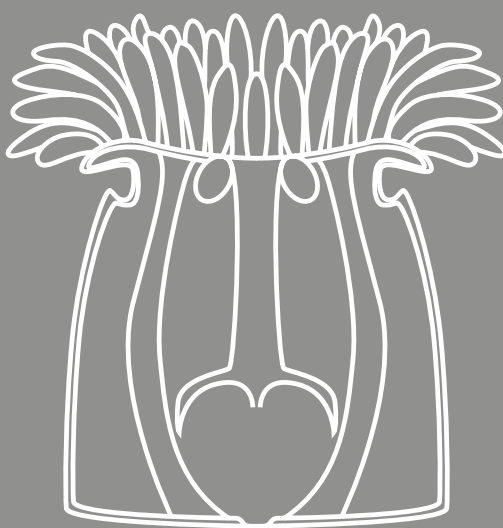
Si tratta di una delle specie più comuni di *Attinia*, o *anemone di mare*, ossia un ordine di *Cnidari* antozoi sessili degli *Esacoralli*. *Actinaria* comprende circa 1200 specie di polipi solitari e senza scheletro.

Il movimento che le attinie compiono per inghiottire le loro prede, che è dato dall'apertura del disco orale e dall'allungamento gambo, è molto simile al movimento verticale che compie ACOFEA. Questo movimento è enfatizzato dalla presenza dei tentacoli velenosi che seguono la superficie.



Actinia equina

ACOFEA riprende la gerarchia e la disposizione degli elementi anatomici dell'actinia equina per imitarne il movimento di apertura ed estensione.
La **BASE**, come il **disco basale**, è responsabile del fissaggio.
Il **VANO CENTRALE**, come la **faringe**, è uno spazio cavo che ospita i componenti elettronici.
I **RISONATORI**, come il **mesentere**, circondano il vano centrale seguendo i movimenti.
Il **MIOPLASTO**, come i **muscoli retrattori**, si estendono per evidenziare il movimento.
Il **LED PRINCIPALE**, come il **disco orale**, è posto in cima al vano per permettere un'illuminazione costante e senza ostacoli.
Le **LINGUE** in silicone, come i **tentacoli**, seguono ed enfatizzando il movimento del mioplasto.



CORALLITE

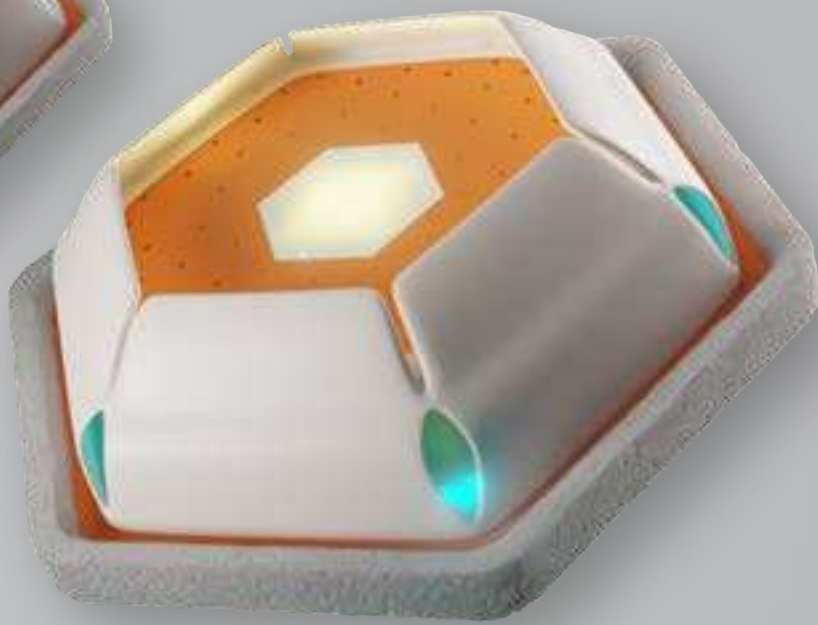
I coralliti sono le singole unità esoscheletriche dei coralli costruttori.
I coralliti di *Orbicella faveolata* sono piccoli, molto ravvicinati e disposti in modo uniforme. Il loro scheletro è composto da aragonite, una forma cristallina di carbonato di calcio, prodotta da un *polipo corallino* che il corallite ospita all'interno una cavità.
I polipi sono organismi viventi molli, simili agli *anemoni*, che si estendono di notte per nutrirsi e si ritraggono di giorno.



Polipo corallino



Corallite



Per migliorare la modularità del progetto ho iniziato a pensare al singolo pannello come un singolo corallite. Così come il corallite ospita il polipo che si estende, il singolo pannello ospita il modulo di assorbimento.
I bordi del pannello sono pensati per combaciare con i bordi adiacenti al fine da simulare un muro condiviso come per il corallite.
Per facilitare gli incastri si è optato per una struttura esagonale piuttosto che circolare.

ORBICELLA FAVEOLATA



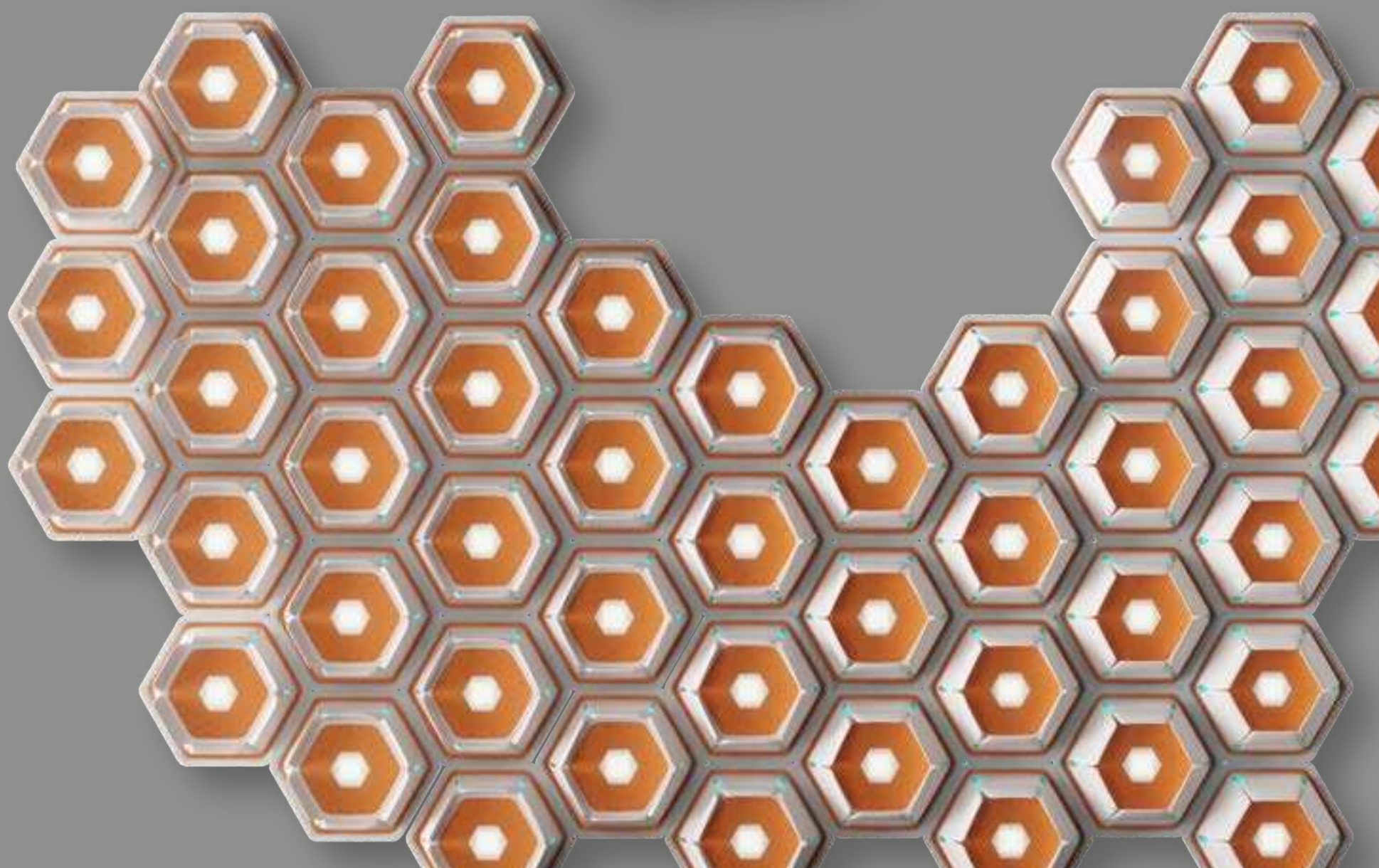
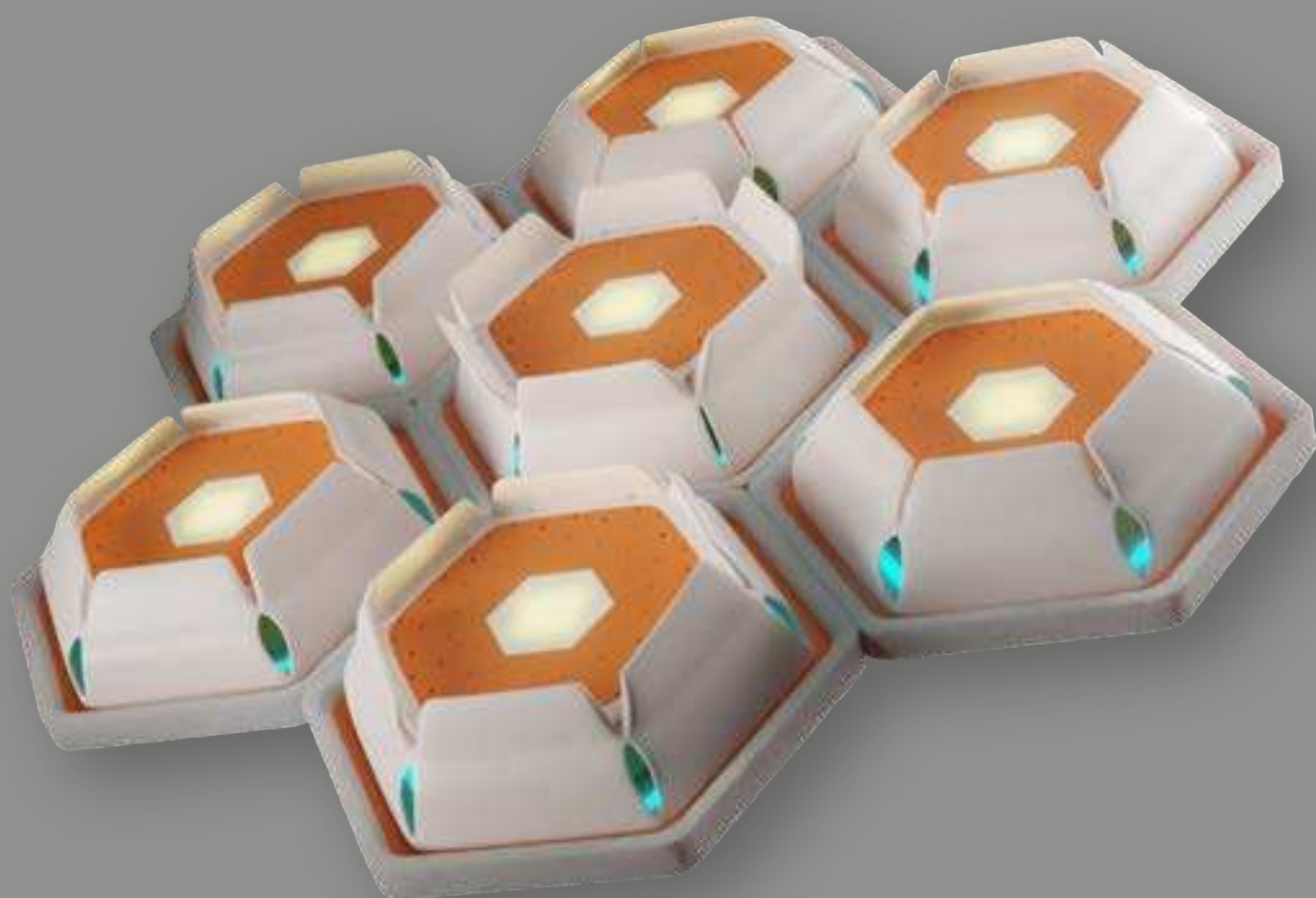
Orbicella faveolata è una specie di corallo pietroso della famiglia *Merulinidae*. Insieme ad altre specie del genere *Orbicella*, è considerato un bioindicatore di salute del reef. La sua struttura massiccia offre rifugio e habitat a innumerevoli specie marine. È un importante corallo di tipo *Sclerattinio*, ossia duro costruttore di reef.

GERARCHIA

La logica progettuale di ACOFEA si basa su una stratificazione di bio-ispirazioni. Il culmine di queste stratificazioni è un parallelismo tra le gerarchie della natura e quelle di AAAA.

Anemone / Polipo	<->	Modulo di assorbimento
Corallite	<->	Pannello
Orbicella Faveolata	<->	Rete di pannelli

L'anemone/modulo assorbimento è la parte più piccola, quella viva e in continuo movimento. Questa vive e si muove all'interno del corallite/pannello che lo protegge e lo ospita. Quando questi si aggregano formano la struttura del corallo *Orbicella Faveolata*/Rete di pannelli interconnessa.



ESPLOSO

Il sistema è suddivisibile in 7 sub-assiemi:

Mioplasto è una membrana in silicone che viene avvitato con viti di plastica alle due scocche dei risonatori.

LED di illuminazione principale è formato da una scocca in ABS, con un diffusore in PMMA satinato che nasconde i LED dimmerabili, sensori e Led di feedback.

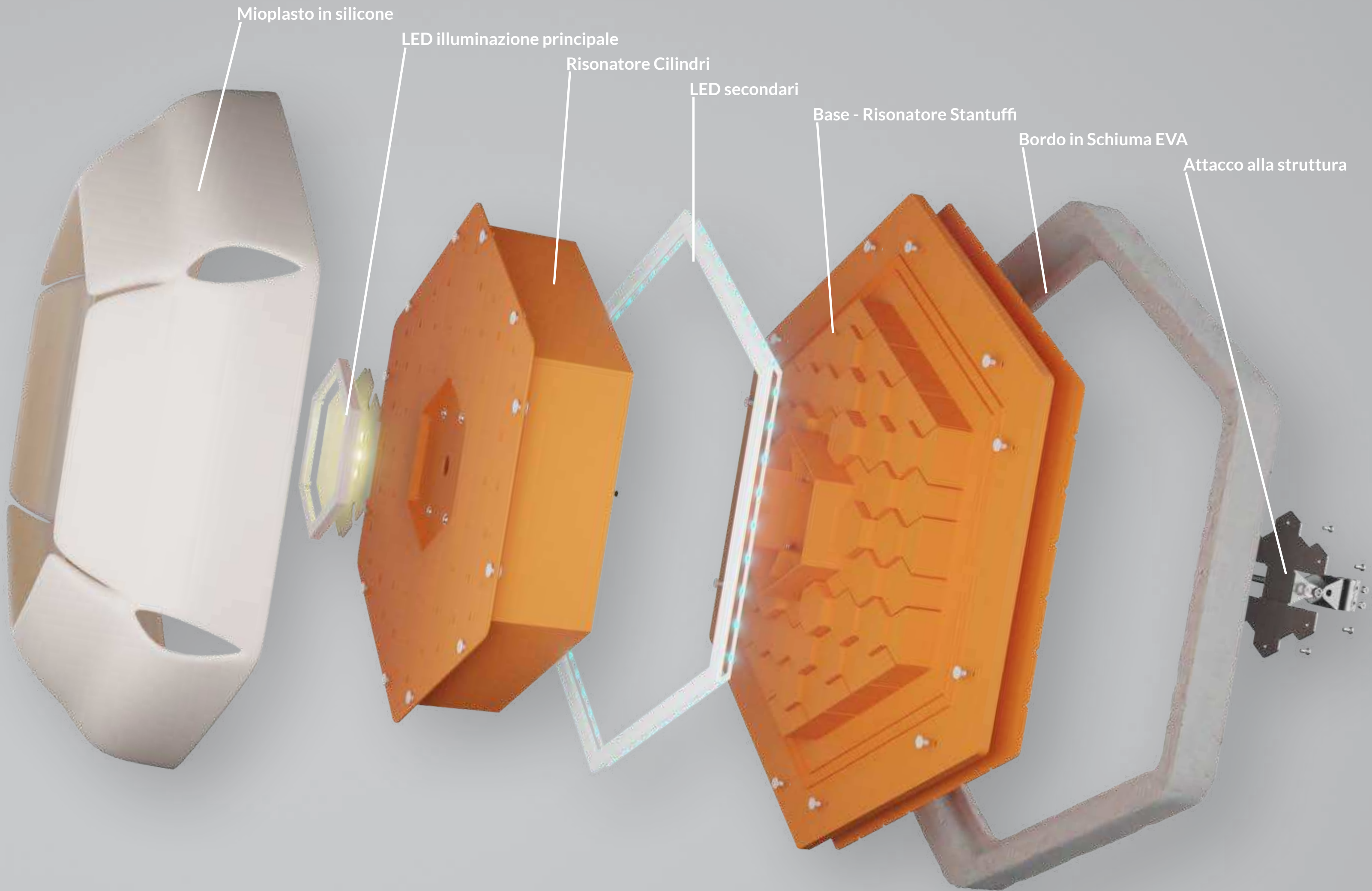
Il risonatore a cilindri è una scocca unica in ABS che contiene i volumi cavi, i fori e i colli dei risonatori.

La striscia di LED secondari si applica nell'apposito vado della base ed è coperta da un diffusore in PMMA satinato.

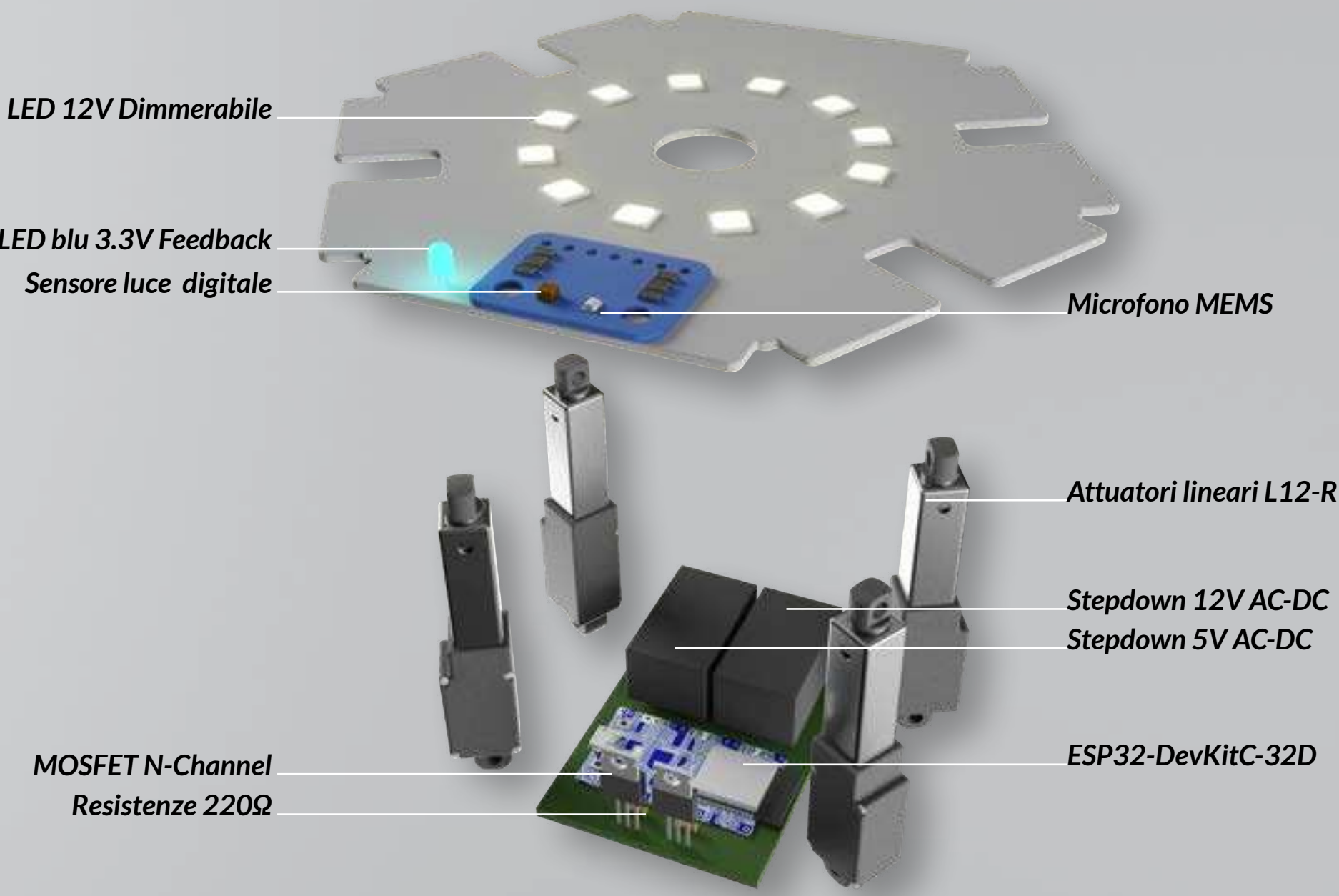
La base è formata da due pezzi in ABS: il primo è la scocca che contiene i risonatori a stantuffo e il vano dei componenti, la cui base è supportata da nervature nascoste dal secondo pezzo, ossia una semplice parete di copertura per viti e cavi.

Il bordo è in schiuma EVA e si aggancia alla base dal retro con un adesivo.

L'attacco è in alluminio 6082-T6, con una cerniera ed un altro eventuale attacco intercambiabile a seconda della parete.



LAYOUT COMPONENTI



APP E GESTIONE MESH

L'app di Acofea è pensata per gestire i dispositivi come fossero organismi viventi, in grado di raggrupparsi in Reed (mesh di connessioni BLE)

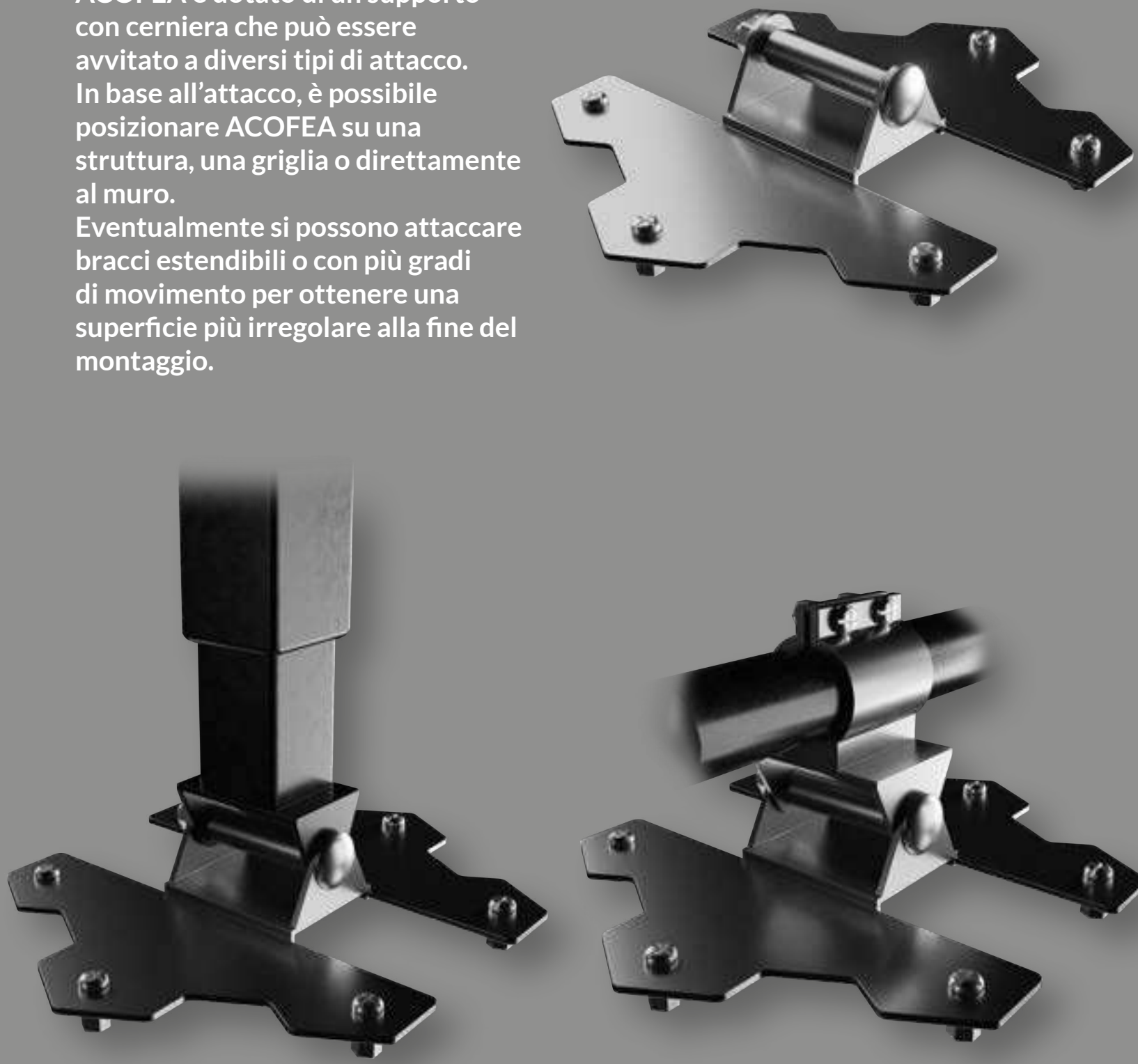
L'app offre 2 Profili: Guardiano (admin) – Si connette al dispositivo-master e può gestire le funzioni di illuminazione e assorbimento monitorando lm e hz medi. Tramite il pannello Reef può gestire le connessioni tra i dispositivi. I comandi e le info si propagano a cascata nella rete di connessione tra pannelli.

Visitatore (guest) – Non controlla i dispositivi, ma visualizza sul cloud la mappa dei Reef con i livelli sonori medi; in loco può collegarsi al master per vedere la composizione della rete e le frequenze in tempo reale.



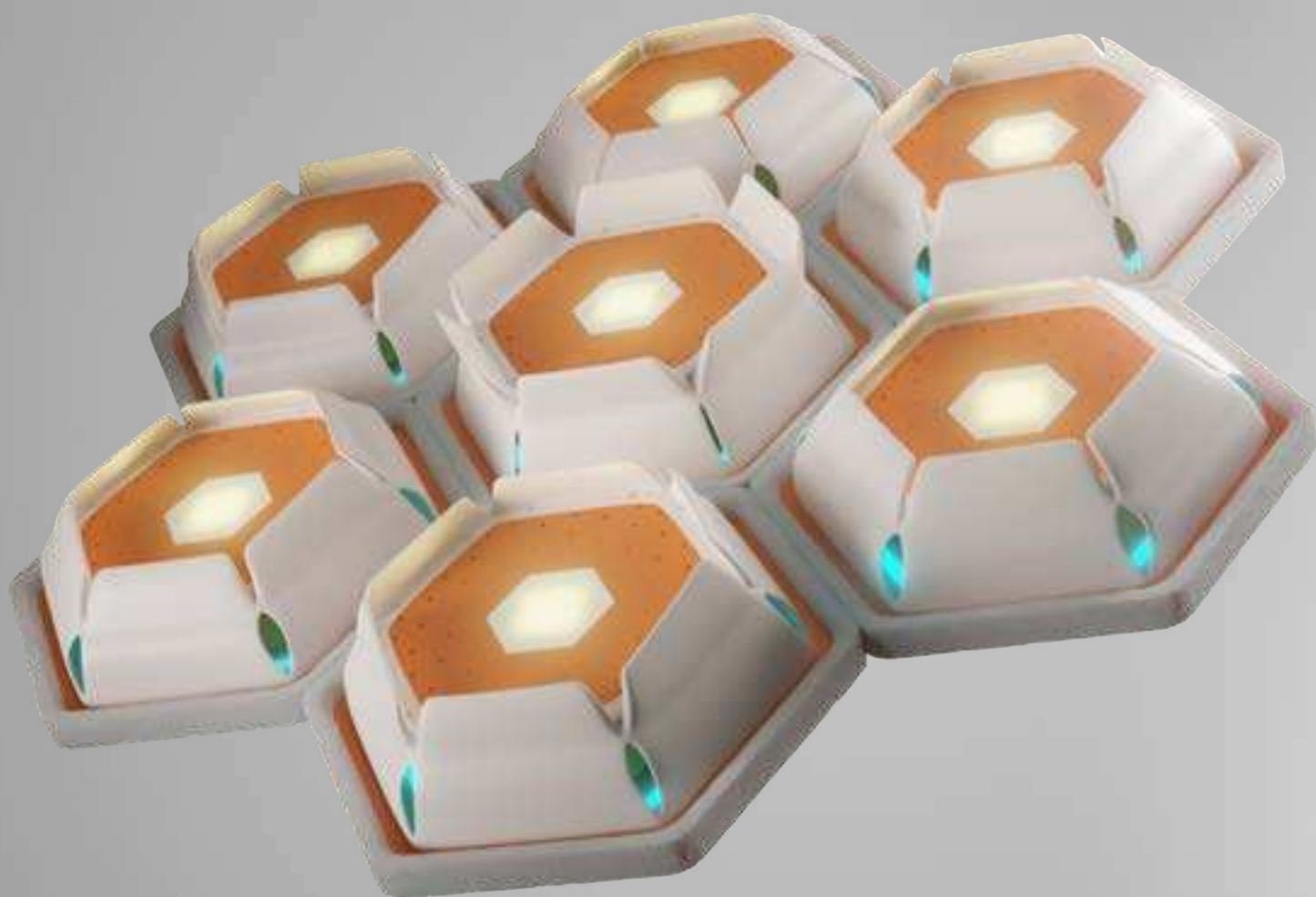
MONTAGGIO

ACOFEA è dotato di un supporto con cerniera che può essere avvitato a diversi tipi di attacco. In base all'attacco, è possibile posizionare ACOFEA su una struttura, una griglia o direttamente al muro. Eventualmente si possono attaccare bracci estensibili o con più gradi di movimento per ottenere una superficie più irregolare alla fine del montaggio.



ACOFEA

DISPOSITIVO FONOASSORBENTE BIOISPIRATO
PER UN'ACUSTICA INTRA-ATTIVA E ADATTIVA.



SAAD
Scuola di Ateneo

Architettura e Design
Eduardo Vittoria
Università di Camerino

Tesi di laurea Magistrale 24/25
Andrea Nicolardi
Relatore_Lucia Pietroni
Design per l'innovazione digitale LM-12



S A A D
Scuola di Ateneo

Architettura e Design
Eduardo Vittoria
Università di Camerino

Tesi di Laurea Magistrale in Design per l'Innovazione Digitale

Anno Accademico: 2024/2025

Studente: Andrea Nicolardi

Relatore: Lucia Pietroni

DOSSIER DI RICERCA

ACOFEA

ACOFEA: Dispositivo fonoassorbente bioispirato
per un'acustica Intra-attiva e Adattiva.

INDICE

1___	Spazi interattivi
2___	1. Ambienti intelligenti e interattivi
3___	2. Il suono negli ambienti intelligenti
4___	3. Nuovi concetti di interazione: Intra-Action
7___	4. Esempi di progetti e spazi Intra-attivi
34___	Acustica Indoor
35___	1. Acustica ambientale
39___	2. Metodi di contenimento attuali
48___	3. Soluzioni e prodotti presenti sul mercato
62___	Acustica Regolabile
63___	1. Metamateriali Acustici Attivi
71___	2. Altri sistemi e brevetti
76___	Biomimesi per suono e vibrazioni
77___	1. Cos'è la Biomimesi
81___	2. Biomimesi per suono e vibrazioni
84___	Sintesi
86___	Definizione idea progettuale
87___	1. Definizione progetto
89___	2. Definizione scenari d'uso
90___	Concept iniziali
91___	1. Ipotesi delle Funzioni
92___	2. Ipotesi Formali
101___	3. Obiettivo
102___	ACOFEA
103___	1. Progetto
110___	2. Bio-ispirazione
121___	3. Esploso
122___	4. Funzioni
125___	5. Modalità di interazione
128___	Sviluppo tecnico
129___	1. Componenti elettrici elettronici
138___	2. Distinta standardizzati
140___	3. Disegni Tecnici
142___	4. Materiali
148___	Bibliografia e sitografia
	Ringraziamenti

ABSTRACT

ACOFEA è un sistema modulare bio-ispirato fonoassorbente che contribuisce alla qualità acustica degli ambienti indoor in modo adattivo e intelligente.

Il progetto nasce da una riflessione sulla relazione tra esseri umani, suono e spazio, e si sviluppa come risposta concreta alla necessità di ambienti più sensibili, flessibili e consapevoli.

Obiettivo della tesi è esplorare la possibilità di progettare un dispositivo che non si limiti ad assorbire passivamente il suono, ma che sia in grado di adattarsi dinamicamente alle condizioni ambientali e ai comportamenti dell'utente, modificando in tempo reale le proprie caratteristiche acustiche.

ACOFEA non è un semplice pannello, ma un dispositivo attivo e responsivo, in quanto capace di cambiare forma in funzione delle frequenze di risonanza rilevate, per ottenere un assorbimento sonoro mirato.

Questo risultato è ottenuto grazie ad un sistema di attuatori che, ispirandosi al principio di Helmholtz, regola autonomamente il volume di cavità dei risonatori interni per sintonizzarsi sulle frequenze indesiderate.

Il funzionamento e la morfologia del modulo sono frutto di bio-ispirazione: l'anatomia delle attinie, da cui derivano la suddivisione interna e la logica del movimento, e l'orbicella faveolata, da cui deriva il sistema di aggregazione tra moduli.

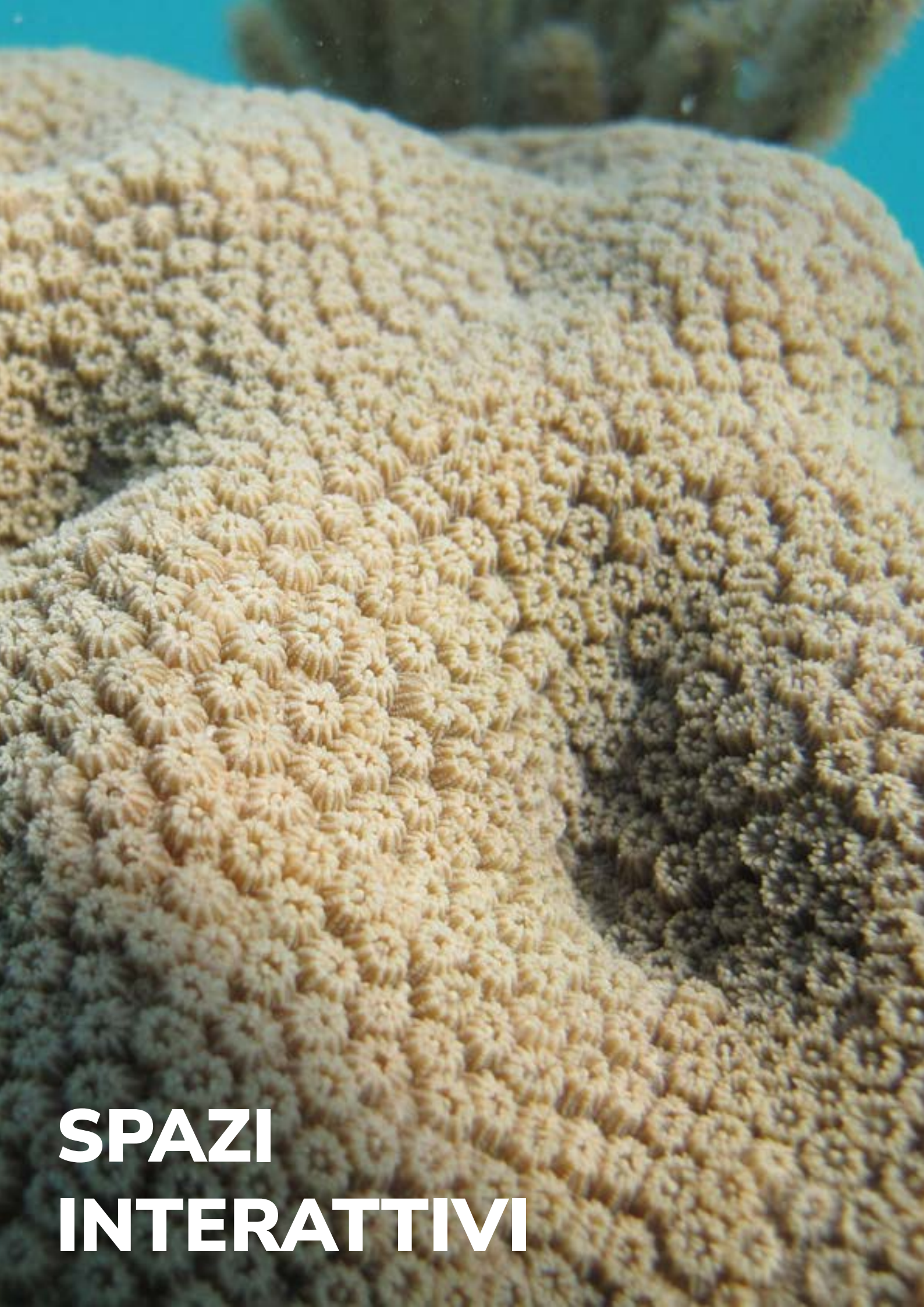
L'approccio biomimetico ha permesso di valorizzare il movimento necessario alla sintonizzazione acustica, rendendolo parte integrante del linguaggio espressivo del prodotto, anche grazie a un muscolo in silicone che enfatizza l'azione dei risonatori. Questa scelta evidenzia il ruolo attivo del dispositivo nella co-creazione di un ambiente sensoriale sano e confortevole, in cui l'utente partecipa consapevolmente. Questo progetto vuole approfondire un'interazione dinamica tra utente e suono, per contribuire al comfort acustico che è spesso sottovalutato negli spazi collettivi contemporanei.

Il dispositivo è inoltre dotato di un sistema di illuminazione intelligente, in grado di regolare la propria intensità in base alla luce solare, aggiungendo una dimensione visiva alla sua responsività.

ACOFEA è pensato per operare come rete interconnessa di moduli intelligenti.

Attraverso un'app dedicata, l'utente può gestire le funzioni, consultare i parametri ambientali rilevati dai pannelli e contribuire alla costruzione di una mappa acustica distribuita.

ACOFEA non è solo un prodotto per assorbire il suono, ma anche una riflessione sull'interazione tra l'uomo, gli spazi in cui vive e gli stimoli che non vede.



**SPAZI
INTERATTIVI**

Gli ambienti abitativi, così come li conosciamo, sono stati progettati per essere spazi relativamente statici, concepiti per rispondere a bisogni umani fondamentali come il riparo, il comfort e l'organizzazione della vita quotidiana. Questa staticità si riflette sia nella loro struttura fisica che nelle modalità di interazione che offrono. Tradizionalmente, gli oggetti e i sistemi all'interno di una casa sono progettati per funzionare come strumenti passivi: rispondono a input diretti da parte degli utenti senza la capacità di adattarsi o di offrire una risposta attiva.

Parlando di prodotti tecnologici, esempi di **STRUMENTI PASSIVI** possono essere: il forno, il frigorifero, il microonde, il modem, le lampade, l'aspirapolvere. Esempi di **STRUMENTI ATTIVI**, che si adattano possono essere: Robot aspirapolvere, che modifica il suo percorso in base a ciò che incontra o alla mappatura della casa in costante movimento, le lampade che regolano l'intensità in base alla luce che entra da fuori, i televisori che abbassano il volume quando sentono gli utenti che cercano di parlare tra di loro, alcuni modelli di domotica che funzionano in base a dei sensori e non in base ai timer prestabiliti, ecc.

La relazione tra l'utente e il prodotto, quindi, si configura generalmente quasi esclusivamente in un solo senso: l'utente prende decisioni e compie azioni, mentre gli elementi dello spazio abitativo, come elettrodomestici, mobili e impianti, si limitano a eseguire l'azione richiesta, quando richiesta. Questo modello unidirezionale non solo limita le possibilità di personalizzazione degli spazi abitativi, ma rende anche difficile creare ambienti che siano veramente interattivi, intelligenti o capaci di rispondere in modo dinamico ai cambiamenti delle necessità, delle emozioni o delle abitudini degli utenti.

Questa configurazione tradizionale evidenzia una distanza tra l'evoluzione delle tecnologie digitali, sempre più orientate all'interazione e all'adattività, e la progettazione degli spazi abitativi.

L'importanza dell'**ADATTIVITÀ NEGLI AMBIENTI ABITATIVI** emerge chiaramente nella società contemporanea, dove le esigenze degli individui sono sempre più dinamiche e diversificate. Un ambiente adattivo, capace di evolvere in base agli stimoli ricevuti, non solo risponde meglio alle necessità immediate degli utenti, ma contribuisce anche a migliorare il loro benessere, la qualità della

vita e la sostenibilità delle loro abitudini.

Gli ambienti intelligenti rappresentano un salto concettuale significativo rispetto agli spazi statici tradizionali. Si tratta di ecosistemi dotati di tecnologie avanzate, come sensori, intelligenza artificiale e sistemi di automazione, che consentono loro di percepire, analizzare e rispondere alle attività e alle condizioni dell'ambiente circostante. La caratteristica distintiva di questi spazi è la loro capacità di adattarsi non solo alle interazioni dirette dell'utente, ma anche agli stimoli indiretti, come variazioni nei livelli di luce, temperatura, umidità o addirittura agli stati emotivi e comportamenti dell'abitante.

Ad esempio, un ambiente intelligente può regolare l'illuminazione e la temperatura in base all'ora del giorno, ma anche tenendo conto del livello di attività o del mood percepito dell'utente. Può suggerire o predisporre modifiche nell'organizzazione degli spazi per supportare meglio le sue abitudini lavorative, ricreative o di riposo. Questi adattamenti avvengono spesso in modo discreto, rendendo l'esperienza abitativa fluida e priva di frizioni, senza che l'utente debba necessariamente intervenire o prendere decisioni attive.

Gli ambienti intelligenti che si adattano a chi li abita creano un'interazione più profonda e simbiotica tra l'utente e lo spazio, trasformando la casa in un'entità quasi "viva", in grado di apprendere dai comportamenti e anticipare i bisogni.

L'integrazione di ambienti adattivi non è solo una questione di lusso o comodità, ma rappresenta una risposta a sfide globali come la gestione ottimale delle risorse energetiche, l'inclusività degli spazi per persone con esigenze specifiche e l'aumento della qualità della vita in contesti urbani densi e complessi. In definitiva, l'adattività degli ambienti abitativi non è solo una prospettiva tecnologica, ma un nuovo paradigma per la progettazione di spazi che siano veramente centrati sull'essere umano.

1 AMBIENTI INTELLIGENTI E INTERATTIVI

È bene anche chiarire cosa si intende come Ambiente interattivo, ossia: spazio che si adatta, muta e risponde agli stimoli di chi lo abita o lo attraversa, rappresenta una delle idee più affascinanti nel design, nell'architettura e nell'arte contemporanea.

Questi ambienti sono progettati per creare una relazione dinamica tra l'utente e lo spazio, favorendo un dialogo continuo e multisensoriale.



ELEMENTI CHIAVE DEGLI AMBIENTI INTERATTIVI

1. RILEVAZIONE DI STIMOLI DIRETTI O INDIRETTI:

Gli ambienti interattivi utilizzano sensori (movimento, suono, luce, temperatura) per rilevare la presenza o le azioni degli utenti.

2. MUTAMENTO COSTANTE:

Gli ambienti interattivi non sono mai statici. Cambiano in base ai comportamenti degli utenti, ma anche in modo preprogrammato per simulare condizioni variabili (es. giorno/notte, stagioni). Possono rispondere in tempo reale modificando illuminazione, forme, suoni o altre caratteristiche dello spazio.

3. ESPERIENZA PERSONALIZZATA:

Ogni individuo vive un'esperienza unica. L'interazione personalizzata crea una relazione emotiva con l'ambiente, rendendolo vivo e coinvolgente.



TECNOLOGIE UTILIZZATE

- **Sensori di prossimità e movimento:** Monitorare e percepire la presenza e i gesti degli utenti.
- **Intelligenza artificiale:** Imparare, analizzare e rispondere di conseguenza agli stimoli in modo sofisticato e prevedere le esigenze degli utenti.
- **Materiali adattivi:** Modificare il proprio comportamento. Come pareti trasformabili, illuminazioni dinamiche e superfici reattive.
- **Sistemi audiovisivi:** Creare risposte multisensoriali che coinvolgono vista, udito e tatto.



2 IL SUONO NEGLI AMBIENTI INTELLIGENTI

Il suono è uno degli elementi più significativi e pervasivi nell'esperienza sensoriale degli ambienti abitativi, ma spesso è trascurato rispetto ad altri aspetti come l'illuminazione o il comfort termico. Tuttavia, il modo in cui il suono viene percepito e gestito in uno spazio ha un impatto profondo sul benessere fisico e psicologico di chi lo abita. In questo contesto, lo sviluppo di ambienti adattivi che trattano il suono in maniera intelligente rappresenta una frontiera cruciale per migliorare l'interazione tra l'utente e il suo spazio.

L'IMPORTANZA DEL SUONO NELL'ABITARE

Il suono ha un ruolo sia funzionale che emozionale. Da un lato, può migliorare la produttività, favorire il rilassamento o creare un'atmosfera accogliente; dall'altro, un rumore eccessivo o non controllato può aumentare lo stress, ridurre la concentrazione e compromettere la qualità del sonno. In un mondo sempre più urbanizzato, l'inquinamento acustico è una delle principali cause di disturbo negli ambienti abitativi, rendendo essenziale una gestione intelligente e dinamica del suono.

AMBIENTI ADATTIVI E GESTIONE INTELLIGENTE DEL SUONO

In un ambiente abitativo adattivo, le tecnologie per la gestione del suono possono essere applicate per la riduzione del rumore e per offrire esperienze personalizzate e reattive.

È possibile monitorare i livelli sonori in tempo reale, identificare la fonte del rumore e intervenire per ottimizzare l'acustica dell'ambiente in base alle esigenze.

ADATTIVITÀ INDIRETTA E PERSONALIZZAZIONE

Un aspetto fondamentale di questi sistemi è la loro capacità di adattarsi anche agli stimoli indiretti. Per esempio:

- **RILEVAMENTO DELLE EMOZIONI:**
Analizzando la voce o i modelli comportamentali, un sistema audio potrebbe selezionare playlist rilassanti in momenti di stress o tracce energiche.



Smart Home system - Sonoro

- **INTEGRAZIONE MULTISENSORIALE:**
Il suono potrebbe coordinarsi con l'illuminazione e la temperatura per creare un ambiente olistico che rispecchi lo stato d'animo o le preferenze dell'utente.
- **ADATTAMENTO AL CONTESTO:**
Durante una videochiamata, l'ambiente potrebbe ottimizzare automaticamente l'acustica per ridurre l'eco e migliorare la chiarezza delle voci, mentre in una festa potrebbe amplificare i bassi per una resa musicale più coinvolgente o regolare l'assorbimento di specifiche frequenze.

Integrare una gestione intelligente e adattiva del suono negli ambienti abitativi significa riconoscere l'importanza di un elemento spesso invisibile ma profondamente influente. Questi sistemi non solo migliorano il comfort e il benessere degli utenti, ma trasformano gli spazi abitativi in ecosistemi multisensoriali e centrati sull'uomo, capaci di rispondere in modo dinamico alle esigenze e agli stati emotivi di chi li abita. La casa del futuro, dunque, non sarà solo silenziosa o ben suonante, ma sintonizzata su chi la vive.

3 NUOVI CONCETTI DI INTERAZIONE: INTRA-ACTION

FROM INTERACTION TO INTRA-ACTION

Uno degli aspetti fondamentali che definiscono la materia del design è l'interazione. A prescindere da quali siano gli attori coinvolti nell'interazione, questa è sempre stata al centro del dibattito del design internazionale, anche quando non veniva chiamata in questo modo.

Aspetti come l'esperienza, il comportamento dell'utente, i significati, sono diventati sempre di maggiore rilevanza nel design, specialmente nella seconda metà del '900 con l'affermarsi di figure, come Bruno Munari, Enzo Mari, Achille Castiglioni e intellettuali come Umberto Eco, che ridefiniscono e approfondiscono il concetto di interazione tra utente e prodotto o tra utenti tramite il prodotto. Diventa sempre più importante occuparsi delle relazioni tra cose e persone.

In questo senso, il design dell'interazione non riguarda solo interfacce digitali, come spesso oggi si pensa, ma ogni progetto in cui è presente un dialogo tra uomo e sistema.

A ricordarcelo c'è, ad esempio, Donald Norman che, ne "La caffettiera del masochista" (1988), identifica,

analizza e racconta gli aspetti e gli elementi principali delle interfacce, usando come esempi principalmente prodotti "fisici".

Nel corso del XXI secolo, la progressiva complessità tecnica degli oggetti ha portato ad un'espansione dell'interazione e della sua progettazione portando a nuovi e diversi significati. Ciò è stato soprattutto dovuto allo sviluppo di computer e smartphone che hanno portato alla nascita di prodotti e servizi digitali/virtuali, in cui l'interfaccia, completamente digitalizzata, e l'esperienza utente sono quasi più importanti del servizio/prodotto stesso.

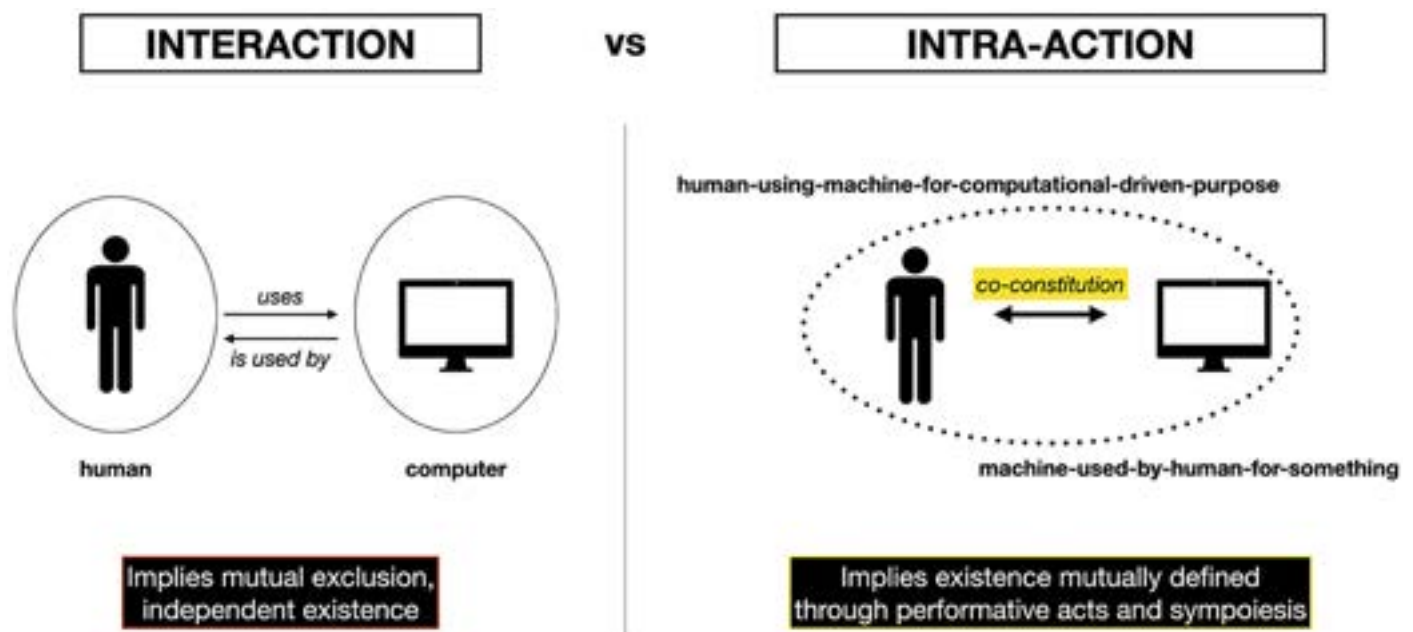
È da queste che dipende la qualità del servizio piuttosto che dalla sua capacità di svolgimento della funzione. È un'era in cui si cerca un risultato immediato, per cui, a dover essere ancora più immediata è la comprensione del funzionamento di un'interfaccia e dunque l'instaurazione dell'interazione Utente-Prodotto.

Ciò ha portato ad una maggiore complessità dell'interazione che, a sua volta, ha dato vita a nuove riflessioni e modi di concepirla.

Un esempio di nuovo concetto di interazione è quello introdotto dalla filosofa e fisica Karen Barad in "Meeting the Universe Halfway" (2007): l'intra-azione o intra-action.

Barad, Karen. (2007). Meeting the Universe Halfway: Quantum Physics and the Entanglement of Matter and Meaning. Durham: Duke University Press.

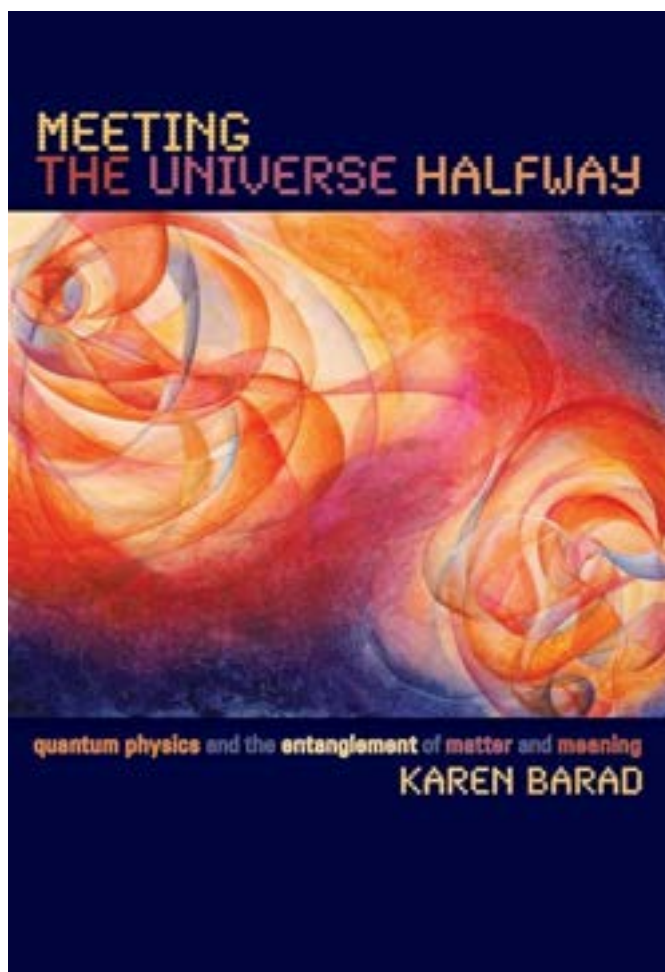
Intra-action, interview of Karen Barad by Adam Kleinman, Mousse 34



DIFFERENZA TRA INTERAZIONE E INTRA-AZIONE

- **INTERAZIONE:** presuppone che esistano entità preesistenti e indipendenti che poi entrano in relazione tra loro.
- **INTRA-AZIONE:** suggerisce invece che le entità non sono pre-esistenti, ma emergono insieme attraverso il processo stesso di relazione. Non c'è un "io" e un "tu" separati che interagiscono, ma entrambe le parti vengono co-costruite dal fenomeno in cui sono coinvolte.

Con un approccio correlato, ma diverso, alcuni ricercatori hanno sottolineato l'importanza di prendere in prestito da precedenti sforzi filosofici per elaborare visioni del mondo alternative, inclusive e relazionali intorno alla tecnologia. Molti di quelli che si sono occupati delle relazioni tra oggetti ed esseri umani attingono alle idee di Barad (2007), in particolare alla sua articolazione del Realismo Agenziale, incentrato su quella che chiama prospettiva etico-onto-epistemologica e confluito nella sua nozione di intra-azioni.



Hespanhol L (2023) Human-computer intra-action: a relational approach to digital media and technologies. *Front. Comput. Sci.* 5:1083800. doi: 10.3389/fcomp.2023.1083800

Hespanhol, nello studio "Human-computer intra-action" (2023), vuole portare avanti la discussione su cosa significherebbe passare dal concetto tradizionale di "interazione uomo-computer" (HCI, Human Computer Interaction) a quello più innovativo di "intra-azione uomo-computer" (HCIA, Human Computer Intra-Action), che sottolinea l'intreccio profondo e reciproco tra esseri umani e tecnologia.

[Quanto detto in questo studio in relazione alla HCI, si può applicare al più generico alle interazioni Uomo-Prodotto/Sistema, ottenendo gli stessi risultati in un'ottica progettuale. Per questo, per me, rappresenta un buon esempio per mostrare l'evoluzione e l'impatto che i prodotti, digitali e non, hanno in ambito sociale, ambientale ed etico. Per sottolineare questa cosa, utilizzerò la sigla HPI (Human-Product Interaction) e HPIA (Human-Product Intra-actio), invece di HCI e HCIA, parlando di "Prodotti" invece che di soli "Computer".]

Hespanhol 2023 suggerisce che l'intra-action sia da considerare come un intreccio di relazionalità co-costitutive che coinvolgono preoccupazioni di:

- Basso Livello (tecniche, vicine all'interfaccia e all'uso)
- Alto Livello (etiche, vicine al contesto e all'ambiente)

Si propone anche di considerare queste intra-azioni "ibride" nel tempo e nello spazio, in quanto combinano:

- Locale e remoto
- Azioni immediate e effetti a lungo termine

Viene anche proposto un metodo iniziale di progettazione per rappresentare le "intra-azioni" (cioè le interazioni complesse e reciproche). Questo metodo aiuta a capire meglio come un prodotto interattivo si inserisce in un insieme più ampio di relazioni.

L'obiettivo è stimolare un ripensamento del modo in cui si progettano le tecnologie interattive, spingendo fin dall'inizio a considerare aspetti come la complessità dei sistemi, l'etica, l'equità, l'inclusione, le responsabilità condivise e l'immaginazione di futuri più interconnessi.

PERCHÉ LA “HUMAN PRODUCT INTERACTION” NON È SUFFICIENTE?

Hespanhol L (2023) Human-computer intra-action: a relational approach to digital media and technologies. Front. Comput. Sci. 5:1083800. doi: 10.3389/fcomp.2023.1083800

La HPI presuppone che due entità separate e preesistenti - l'uomo e il prodotto - entrino in contatto attraverso un'interfaccia, che a sua volta permette loro di interagire tra loro.

Tradizionalmente, l'uomo è visto come “utente” e il prodotto come “strumento”, con l'interfaccia progettata per garantire un'esperienza d'uso efficace e soddisfacente.

Questo approccio si basa su una conoscenza pragmatica di utenti e tecnologie, ma, come osservato da diversi studiosi, oggi mostra dei limiti: non riesce più a descrivere la complessità e la varietà dei modi in cui le persone incontrano le tecnologie, né considera quanto queste relazioni siano fluide e influenzino anche altri attori e l'ambiente.

La ricerca recente ha infatti iniziato a riconoscere che uomo e prodotto **NON SONO ENTITÀ FISSE**, ma esistono in relazione reciproca e con altri sistemi, formando reti di interazioni che ridefiniscono continuamente ruoli e identità.

Con l'avvento dei Big Data, dell'intelligenza artificiale e degli algoritmi, molte interazioni non avvengono più direttamente con un'interfaccia visibile, ma “dietro le quinte”, a **LIVELLO DI SISTEMI CHE RACCOLGONO E PROCESSANO DATI, PRENDENDO DECISIONI CHE INFLUENZANO LA VITA DELLE PERSONE** spesso **SENZA CHE QUESTE NE SIANO CONSAPEVOLI**.

In questo scenario, il concetto di “interazione” tradizionale diventa insufficiente per descrivere queste relazioni complesse e distribuite.

INTRA-AZIONE NELL'ABITARE

Intra-action, interview of Karen Barad by Adam Kleinman, Mousse 34

Applicare il concetto di intra-azione di Karen Barad al tema dell'abitare, in particolare alle interazioni tra utente e oggetti che compongono la casa, offre una prospettiva per comprendere come il nostro rapporto con gli spazi e gli oggetti non sia mai un atto isolato, ma piuttosto un processo co-creativo in cui gli oggetti, gli spazi e le persone sono interdipendenti e si definiscono insieme.

Provare a porre l'abitare non come un atto di “interazione” tra un soggetto (l'utente) e oggetti

separati (le cose che compongono la casa), ma come un processo di intra-azione in cui l'utente e gli oggetti si definiscono reciprocamente.

Non si può pensare che l'utente sia una persona che “usa” degli oggetti, né che gli oggetti siano semplicemente strumenti passivi. Piuttosto, il concetto di intra-azione ci suggerisce che sia l'utente che gli oggetti della casa emergono attraverso la loro relazione, e la qualità di quella relazione dipende da ciò che uno può offrire all'altro.

L'ABITARE COME UN FENOMENO CO-CREATO

Nel contesto di una casa, ogni oggetto, ogni superficie, ogni spazio non esiste isolatamente. La casa stessa è un sistema di intra-azioni in cui gli spazi, gli oggetti e gli abitanti si co-creano continuamente. Le pareti, i mobili, le luci, i colori, i suoni e anche la disposizione delle stanze non sono solo passivi; ognuno di questi elementi “agisce” e contribuisce al processo dell'abitare.

Quando pensiamo all'abitare usando il concetto di intra-azione, potremmo intendere la casa non solo come uno spazio fisico in cui risiediamo, ma come un fenomeno che emerge continuamente, in cui l'utente, gli oggetti e gli spazi sono coinvolti in una danza reciproca. Non possiamo considerare la casa come uno spazio separato dal nostro modo di essere, ma come qualcosa che definisce e determina anche la nostra esistenza quotidiana. L'utente non è mai un'entità separata che “usa” la casa, ma piuttosto una parte integrante di un processo continuo di co-creazione.

Questa visione dell'abitare implica una riflessione etica: In che modo le nostre scelte nel progettare e organizzare gli spazi e gli oggetti della casa influenzano non solo la nostra esperienza individuale, ma anche quella collettiva? Come ci relazioniamo con gli oggetti che ci circondano? Un concetto di abitare come intra-azione potrebbe anche suggerire un rapporto più consapevole con gli oggetti?

Applicare il concetto di intra-azione al tema dell'abitare ci invita a vedere la casa e gli oggetti che la popolano non come entità separate, ma come agenti che, attraverso le loro relazioni, definiscono l'esperienza dell'abitare.

4 ESEMPI DI PROGETTI E SPAZI INTRA-ATTIVI

In questo paragrafo sono riportati alcuni esempi di progetti che utilizzano la tecnologia per creare ambienti interattivi che mutano e si adattano agli stimoli degli utenti.

CASA TELEMATICA DI UGO LA PIETRA

Ugo La Pietra. Progetto disequilibrante. Dario Scodeller. Ais/Design Journal, Storia e Ricerche. Vol. 3 / N.6 (2025). ISSN: 2281-7603

Ugo La Pietra racconta la mostra: Sistema Disequilibrante. Video documento della mostra "Ugo La Pietra Sistema disequilibrante", a cura di Angela Rui, Triennale di Milano, 26 Novembre 2014 - 15 Febbraio 2015. (13 set 2016)

LA CASA TELEMATICA, 1983 (Memoria tridimensionale/memoria bidimensionale),

<https://www.ugolapietra.com/anni-80/la-casa-telematica/> (10.11.2024)

La casa telematica. Contributi relativi al progetto "La casa telematica". Fiera di Milano 1982 Con Gianfranco Bettetini e Aldo Grasso (13 set 2016)

Un esempio di progetto in cui questo concetto di intra-azione potrebbe essere rappresentato al meglio è La Casa Telematica di Ugo La Pietra.

"La Casa Telematica" di Ugo La Pietra è un'importante riflessione sull'integrazione tra tecnologia, design e abitare, sviluppata negli anni '80. È un'opera concettuale che esplora le potenzialità della telematica, ossia l'integrazione di telecomunicazioni e informatica, nel contesto domestico.

Il contesto in cui nasce questo progetto è quello degli anni '80, un periodo in cui l'Italia e il mondo stavano vivendo una rivoluzione tecnologica, con la diffusione dei primi computer, dei sistemi di telecomunicazione avanzati e delle reti. In questo clima, Ugo La Pietra, designer, architetto e teorico del design, si interroga su come queste innovazioni possano trasformare gli spazi abitativi, non solo in termini funzionali, ma anche simbolici e relazionali.

La Casa Telematica è un modello di abitazione progettato da Ugo La Pietra per la XV Triennale di Milano del 1981, dedicata al tema "Il progetto domestico". È una casa che anticipa molte delle innovazioni che oggi consideriamo quotidiane, riflettendo su come la tecnologia possa modificare il modo di vivere, lavorare e comunicare all'interno degli spazi privati.



CARATTERISTICHE PRINCIPALI:

1. INTEGRAZIONE DELLA TECNOLOGIA:

- La casa è concepita come un ambiente completamente interconnesso, dove la tecnologia permette di gestire e controllare diverse funzioni domestiche, dalla comunicazione al comfort ambientale.
- Includeva dispositivi per la comunicazione a distanza (antenati degli odierni smartphone o videochiamate), sistemi di automazione per luci e temperatura, e accesso remoto a informazioni e intrattenimento.

2. MULTIFUNZIONALITÀ DEGLI SPAZI:

- Gli ambienti sono progettati per essere flessibili e adattabili a diverse attività, anticipando l'idea dello smart working e della connessione continua con il mondo esterno.

3. SIMBOLISMO E CRITICA:

- Oltre alla funzionalità, La Pietra intendeva anche evidenziare le problematiche legate all'invasione della tecnologia nella vita privata, come il rischio di isolamento o alienazione.
- La casa diventa una "macchina abitativa" in cui i confini tra pubblico e privato si dissolvono, sollevando interrogativi sul rapporto tra uomo e tecnologia.

Il progetto è stato pionieristico e ha anticipato concetti oggi fondamentali, come le smart home, la domotica, e il lavoro a distanza. Allo stesso tempo, le sue preoccupazioni su privacy, alienazione e perdita del contatto umano sono temi centrali nel dibattito contemporaneo sulla tecnologia.



IL SUONO NELLA CASA TELEMATICA

Il tema del suono è presente nel lavoro di Ugo La Pietra e, in particolare, all'interno del progetto della Casa Telematica, anche se non è l'elemento centrale, ma piuttosto parte della sua riflessione sull'ambiente domestico come ecosistema multisensoriale.

La Pietra considera il suono come uno degli elementi fondamentali della percezione dello spazio abitativo.

1. IL SUONO COME MEZZO DI COMUNICAZIONE:

La Casa Telematica integra strumenti telematici per la comunicazione a distanza, anticipando l'uso di strumenti sonori come gli interfono o i sistemi vocali interattivi, che facilitano il dialogo tra gli abitanti della casa e il contesto esterno. Questo concetto è simile agli odierni assistenti vocali (es. Alexa o Siri), ma con una forte enfasi sull'interazione umana e sull'adattamento delle tecnologie alle esigenze degli spazi domestici. Il suono diventa una componente essenziale per mantenere la connessione tra gli abitanti e il mondo esterno, trasformando l'ambiente domestico in una rete interattiva dove le informazioni sono trasmesse anche attraverso segnali sonori.

Il suono rappresenta un mezzo immediato e universale per trasmettere informazioni, una scelta che tiene conto delle diverse modalità sensoriali di percezione dello spazio. In un ambiente abitativo tecnologico, i segnali sonori avvertono, informano o guidano senza richiedere un'interazione visiva, rendendo la casa più inclusiva.

La Casa Telematica è un luogo pensato per essere dinamico e multifunzionale. I segnali sonori (notifiche, promemoria vocali, suoni ambientali specifici) contribuiscono a organizzare il tempo e le attività, permettendo di gestire più compiti contemporaneamente.

2. L'ACUSTICA E IL DESIGN SONORO DELLO SPAZIO:

Ugo La Pietra dimostra sensibilità per il ruolo dell'acustica nell'architettura e nel design degli interni. La Casa Telematica non si limita a incorporare suoni, ma li contestualizza in un sistema progettato per la qualità della vita.

- MATERIALI E ASSORBIMENTO ACUSTICO:
La Pietra riflette sull'uso dei materiali per

1. regolare il comportamento del suono negli ambienti. Ad esempio, superfici assorbenti o riflettenti possono modulare la propagazione del suono, evitando riverberi indesiderati o eccessivi, che potrebbero compromettere il comfort abitativo.
 - **SEPARAZIONE DEGLI AMBIENTI SONORI:** In una casa iper-tecnologica, dove convivono molteplici dispositivi e attività, la progettazione acustica è fondamentale per evitare il sovraccarico sensoriale. Il suono è pensato in relazione all'ergonomia sensoriale: l'obiettivo è creare un ambiente che non sia invadente dal punto di vista acustico, evitando il sovraccarico di rumori. La Casa Telematica include **spazi dedicati e acusticamente isolati per garantire sia la privacy sia l'intimità sonora.**
3. **IL SUONO COME ESPERIENZA IMMERSIVA:** Il progetto di Ugo La Pietra esplora il potenziale del suono per creare atmosfere e plasmare l'identità di uno spazio, anticipando molti concetti oggi centrali nei soundscapes e nel design sonoro ambientale.
 - **SUONO E ATMOSFERA:** La casa non è più solo uno spazio funzionale, ma un luogo esperienziale. La Pietra immagina il suono come un elemento che può arricchire l'ambiente domestico, ad esempio attraverso paesaggi sonori (es. il canto degli uccelli, il rumore delle onde) o composizioni personalizzate che si adattano ai momenti della giornata.
 - **INTERAZIONE TRA SUONO E ABITANTE:** In un'ottica simile a quella delle installazioni artistiche, il suono nella Casa Telematica è progettato per essere reattivo e interattivo, rispondendo ai movimenti o alle preferenze degli abitanti. Questo crea una relazione viva tra l'individuo e il suo spazio abitativo. La Pietra anticipa il concetto di personalizzazione sonora. Ogni stanza o area può avere il suo "paesaggio acustico" per supportare attività specifiche (rilassarsi, lavorare, socializzare), rendendo l'ambiente più in sintonia con le esigenze emotive e funzionali degli abitanti.

Come per gli altri aspetti tecnologici, anche il suono viene trattato da La Pietra con una certa ambivalenza. Da un lato, ne riconosce il potenziale per arricchire l'esperienza abitativa e per migliorare la qualità della vita; dall'altro, solleva dubbi sull'impatto che un ambiente sovraccarico di stimoli acustici potrebbe avere sul benessere psicofisico degli abitanti.

1. **I RISCHI DEL SOVRACCARICO ACUSTICO:** Pur valorizzando il ruolo positivo del suono, La Pietra solleva anche interrogativi critici sull'invasione sonora in casa:
 - **RISCHIO DI SOVRACCARICO SENSORIALE:** L'eccesso di suoni tecnologici può generare stress o alienazione, trasformando l'ambiente domestico in una fonte di continua stimolazione anziché un rifugio.
 - **PERDITA DEL SILENZIO:** In un contesto iperconnesso, il silenzio diventa una risorsa rara. La Pietra invita implicitamente a riflettere su come preservare il silenzio come elemento essenziale di benessere.



ASIF KHAN – UK PAVILION "MEGAFACES" (SOCHI 2014)

<https://www.asif-khan.com/project/sochi-winter-olympics-2014/>
<https://www.archilovers.com/projects/142433/megafaces.html#images>

Asif Khan ha progettato un padiglione per le Olimpiadi invernali che rispondeva ai volti dei visitatori, proiettandoli in forma tridimensionale sulla facciata dell'edificio. Questo spazio interattivo creava un dialogo diretto tra il momento vissuto e la rappresentazione fisica, giocando con il tempo di reazione e l'idea di identità temporale.

MegaFace è un padiglione concepito e realizzato per la rete di telecomunicazioni russa MegaFon in occasione dei Giochi Olimpici e Paralimpici Invernali di Sochi, svoltisi da febbraio a marzo 2014.

L'intenzione è stata quella di creare un monumento inclusivo per le persone, indipendentemente dal loro status di atleti o spettatori, dalla loro età, nazionalità, sessualità o genere.

Per migliaia di anni le persone hanno usato la ritrattistica per registrare la loro storia sul paesaggio, sugli edifici e attraverso l'arte pubblica. Lontani dai giorni del Monte Rushmore e dalle epiche sculture figurative di artisti sovietici come Vera Mukhina, si continua ad essere affascinati da queste rappresentazioni monumentali dei nostri "eroi", siano essi presidenti o aspiranti "uomini comuni".

Oggi Internet è il luogo in cui registriamo la nostra storia. "Emoticon", "Selfies", "Facebook", "FaceTime" ecc. sono diventati strumenti universali per comunicare, e il volto persiste come stenografia prevalente nei nuovi mezzi di comunicazione.

Formato da 11.000 attuatori, ciascuno dotato di LED a colori, il volto cinetico del padiglione MegaFaces è in grado di trasformarsi in tre dimensioni per ricreare i volti dei visitatori degli edifici.

Le impronte facciali vengono create una volta al minuto e sono trasmesse al volto cinetico da scansioni 3D multi-camera effettuate in cabine fotografiche 3D istantanee installate all'interno dell'edificio e in 30 città russe.

Questo processo completamente automatizzato ha utilizzato un'applicazione di registrazione, basata su tablet, per fornire a ogni visitatore una scheda con codice QR personalizzato e quindi un'esperienza linguistica personalizzata all'interno delle cabine fotografiche. Ogni visitatore ha ricevuto un messaggio SMS con l'ora in cui sarebbe apparso sulla facciata. Tutti hanno ricevuto un collegamento webcam in diretta prima che il loro volto venisse

mostrato ed è stato realizzato un video registrato in modo che i visitatori, o le persone che hanno partecipato ma non hanno potuto assistere ai giochi, potessero condividere il loro momento sui social media.

I ritratti risultanti appaiono sul lato dell'edificio, tre alla volta, a 8 metri di altezza - un ingrandimento del 3500% - più grandi, infatti, del volto della Statua della Libertà. La facciata è in grado di visualizzare contenuti fino a 2,4 metri di profondità.





STUDIO ROOSEGAARDE

<https://www.studio Roosegaarde.net/projects>

LOTUS

<https://www.studio Roosegaarde.net/project/lotus>

La tecno-poesia di Daan Roosegaarde che lega bellezza e scienza, Domus, Maria Cristina Didero, Domus, 07 ottobre 2021.

I LOTUS sono fiori intelligenti che si aprono in risposta alla luce, creando un gioco dinamico di luce e movimento.

Roosegaarde descrive questa connessione tangibile tra luce e materia come “una metamorfosi di natura e tecnologia”.

La serie LOTUS è iniziata nel 2010 come ricerca continua sulle superfici intelligenti. Il materiale appositamente sviluppato si apre in risposta alla luce e ispirandosi alla natura.

LOTUS DOME è una cupola vivente realizzata con centinaia di fiori intelligenti. Presentata in anteprima nella chiesa Sainte Marie Madeleine del XVII secolo a Lille, in Francia, LOTUS DOME crea un gioco di luce e movimento. Questa interazione dinamica è ciò che Daan Roosegaarde chiama “Tecno-Poesia”.

Lotus Dome è costruita da centinaia di fiori sensibili alla luce realizzati in ‘foglio di loto’, un materiale sviluppato dallo Studio Roosegaarde.

Quando ci si avvicina, la grande cupola argentata si illumina e apre i suoi fiori.

Il suo comportamento passa da una respirazione morbida a uno stato d'animo dinamico quando più persone interagiscono.

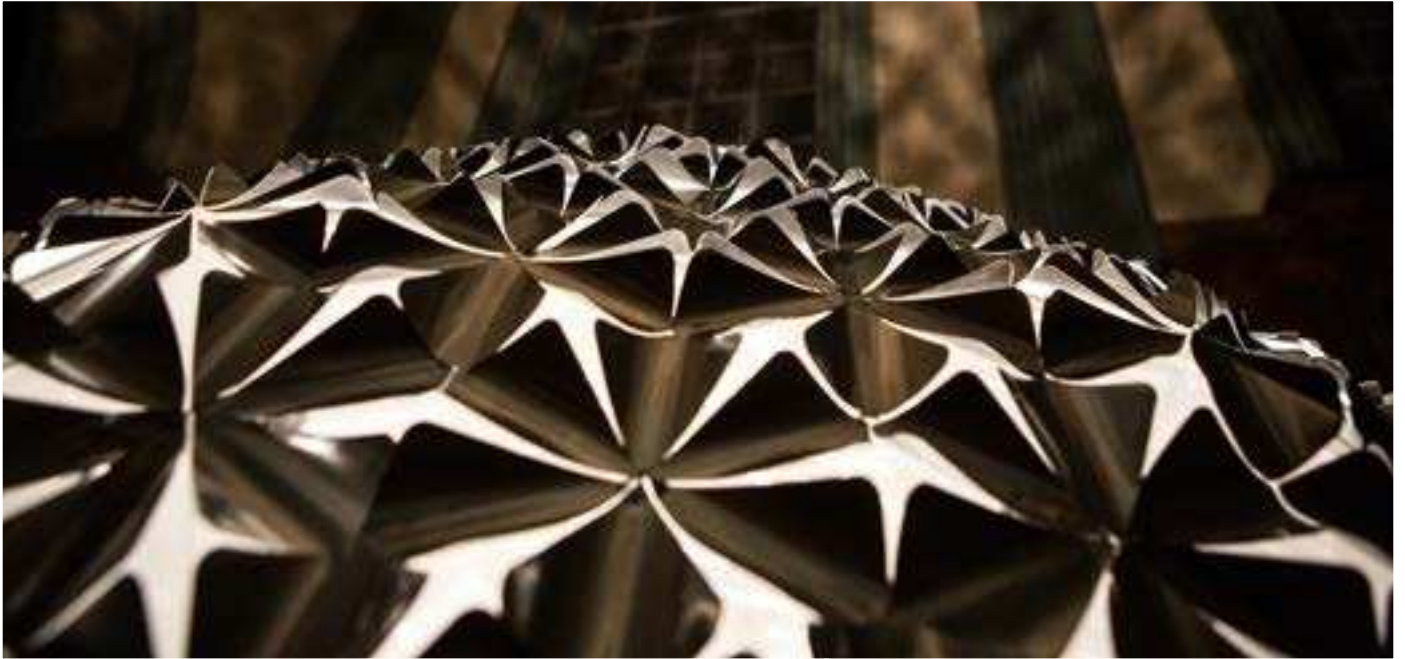
I sensori rilevano il movimento umano e attivano le luci interne della cupola per illuminare le persone che si muovono nello spazio. La luce fa sì che i fiori si aprano e sembrino rispondere al comportamento dei visitatori. La cupola rimane inattiva quando lo spazio è vuoto, ma diventa sempre più animata quando rileva più persone. Questo artigianato high-tech è simile al pensiero innovativo dell'architettura della chiesa del XVI secolo. Le rappresentazioni grafiche del fiore di loto sulle pareti e il suono profondo dei bassi trasformano l'ambiente rinascimentale in una “Tecno-Chiesa” più contemporanea e viva.

LOTUS OCULUS valorizza l'architettura della storica Galleria d'Arte Moderna di Milano ed è stato commissionato da Bulgari. Un'altra opera d'arte, LOTUS Maffei, fa parte della collezione permanente

di Palazzo Maffei a Verona, Italia. Fiorisce in risposta alla luce ed è esposta accanto a opere di Lucio Fontana, Pablo Picasso e Gerrit Rietveld.

LOTUS è un'opera d'arte e un progetto pilota di architettura organica, alla ricerca di una nuova armonia tra uomo e ambiente.





DUNE

<https://www.studio Roosegaarde.net/project/dune>

DUNE è un paesaggio interattivo composto da migliaia di fibre luminose che reagiscono al comportamento umano.

DUNE è un'opera d'arte pubblica interattiva composta da migliaia di fibre LED che reagiscono al suono e al movimento dei visitatori di passaggio. Questa fusione di natura e tecnologia esplora la connessione tra spazio urbano, persone e ambiente. DUNE offre uno sguardo poetico sulla potenziale armonia tra tecnologia e natura, dove la presenza umana dà vita all'opera d'arte.

DUNE è un sistema modulare di 100 cm di lunghezza e 50 cm di larghezza, con altezze variabili. È composto da centinaia di fibre, LED, sensori, altoparlanti, software interattivo ed elettronica, scalabile fino a grandi paesaggi e con un consumo minimo di elettricità.

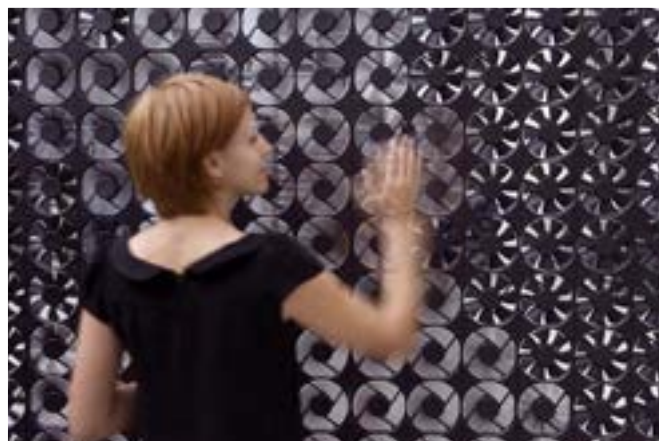
FLOW 5.0

<https://www.studio Roosegaarde.net/project/flow>

FLOW 5.0 è un'innovativa parete di centinaia di ventilatori che stimola i sensi.

FLOW 5.0 è una parete interattiva composta da centinaia di ventilatori che rispondono ai movimenti dei visitatori. Quando le persone muovono le mani vicino alla parete, i ventilatori reagiscono in sincronia, creando campi dinamici e trasparenti come pixel in movimento. Possono anche formare motivi come lettere, aggiungendo un elemento unico di interattività.

2007-2013. FLOW 5.0, un sistema modulare composto da centinaia di ventilatori, alluminio, sensori, elettronica, software e altri media, è stato esposto in tutto il mondo. L'installazione misura 50x200x500 cm (LxLxH) ed è stata commissionata da TodaysArt e Kapelica Gallery.



WIND 3.0

<https://www.studio Roosegaarde.net/project/wind-3-0>

WIND 3.0 utilizza centinaia di fibre che si muovono con i visitatori, fondendo natura e tecnologia. Composta da centinaia di fibre delicate, l'opera risponde al movimento delle persone, generando un vento artificiale che mette in movimento le fibre. Questa interazione sfuma i confini tra naturale e artificiale, facendo sentire l'ambiente vivo e reattivo.

Al passaggio dei visitatori, le fibre scorrono e ondeggiando, creando un'esperienza dinamica e coinvolgente.

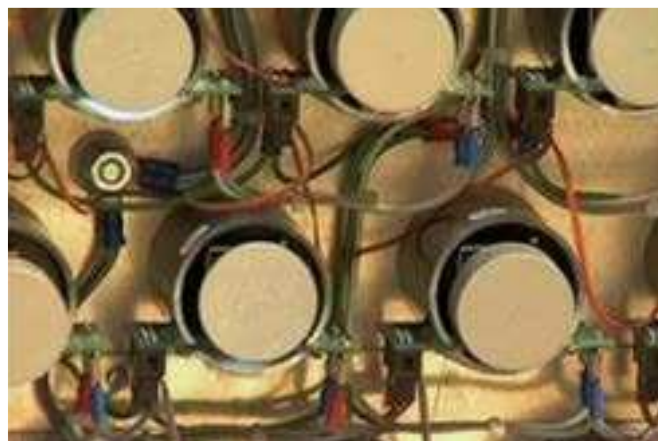
4D-PIXEL

<https://www.studio Roosegaarde.net/project/4d-pixel>

4D-PIXEL è una parete intelligente che reagisce dinamicamente alla voce e alla musica dell'utente grazie alla fusione di elettromagnetismo, software ed elettronica.

La scultura reagisce alla voce e alla musica, visualizzando lettere 3D che danzano sulla sua superficie. Composta da centinaia di pixel reattivi, interagisce dinamicamente con il suono, stabilendo una connessione diretta tra l'attività umana e l'aspetto visivo della parete, fondendo corpo e macchina.

Come superficie reattiva, 4D-PIXEL si evolve costantemente, la sua bellezza è modellata dal comportamento dei visitatori. Ogni interazione modifica la forma della parete, riflettendo i nuovi input provenienti dall'ambiente. Questa trasformazione evidenzia il rapporto fluido tra le persone e lo spazio, dimostrando il potenziale dell'integrazione di tecnologie avanzate nell'architettura per creare ambienti adattivi.



RESPONSIVE ENVIRONMENT, MIT MEDIA LAB

<https://www.media.mit.edu/groups/responsive-environments/overview/>
<https://resenv.media.mit.edu/>

COS'È IL RESPONSIVE ENVIRONMENT DEL MIT MEDIA LAB.

È un gruppo dell'MIT Media Lab che si occupa di esplorare il modo in cui sensori diversi e distribuiti aumentano e mediano l'esperienza, l'interazione e la percezione umana, sviluppando al contempo nuove modalità di rilevamento e tecnologie abilitanti che creano nuove forme di esperienza ed espressione interattiva.

La ricerca attuale comprende:

- Lo sviluppo e l'applicazione di vari tipi di substrati e reti di sensori,
- La raccolta di energia e la gestione dell'energia,
- La rappresentazione dei sensori nella realtà virtuale e aumentata,
- L'inferenza basata sui sensori, i sistemi interattivi e l'HCI
- Le basi tecniche dell'Internet degli oggetti.

L'applicazione di questa ricerca avviene su vasta scala, spaziando dai sistemi indossabili agli edifici intelligenti, dal rilevamento ambientale alle missioni spaziali.

“Aumentare e mediare l'esperienza, l'interazione e la percezione umana con le reti di sensori”

CITYHOME PROJECT

https://www.media.mit.edu/projects/OLD_cityhome2/overview/

Il progetto CityHome del MIT Media Lab, guidato da Kent Larson e Hasier Larrea, è un'esplorazione all'avanguardia di come i piccoli spazi abitativi possano diventare altamente adattivi e interattivi grazie alla tecnologia. Il concetto di CityHome integra una serie di mobili e servizi abitativi in un'unità a parete modulare e trasformabile. Questo sistema consente a un singolo spazio di trasformarsi in molteplici configurazioni, come camera da letto, ufficio, zona pranzo o palestra, triplicando di fatto l'utilità funzionale dello spazio.

L'unità incorpora tecnologie avanzate, tra cui:

- Controlli gestuali e vocali: I residenti possono utilizzare i gesti delle mani o i comandi vocali per attivare e spostare i componenti, come ad esempio estrarre un letto o una scrivania e regolare l'illuminazione e le tende.
- Elementi tattili interattivi: Consentono agli utenti di controllare il movimento dell'unità a parete e di personalizzare lo spazio in modo dinamico.
- Mobilità motorizzata: L'unità può spostarsi all'interno della stanza per riallocare lo spazio, ad esempio ampliando la zona giorno principale a scapito del bagno o viceversa.

L'obiettivo è quello di dimostrare come la CityHome, che ha un ingombro molto ridotto, possa funzionare come un appartamento due o tre volte più grande.

Ciò è possibile grazie a un sistema di pareti trasformabili che integrano:

- Mobili,
- Contenitori,
- Attrezzature per l'esercizio fisico,
- Illuminazione,
- Attrezzature per l'ufficio
- Sistemi di intrattenimento.

<https://newatlas.com/mit-cityhome/32279/>

Tramite il touch, l'utente decide l'unità da muovere. L'apertura e la chiusura sono gestite tramite dei controlli gestuali presumibilmente registrati dal sistema di controllo tramite telecamere integrate. I motori interni collegati alle unità di comando spostano silenziosamente le unità selezionate

Il team ha applicato i comandi gestuali anche al sistema di illuminazione, in modo che i residenti possano regolare l'ambiente in qualsiasi zona della stanza secondo le necessità, e per controllare le tende delle finestre.



PLP ARCHITECTURE - "THE EDGE"

<https://edge.tech/buildings/the-edge> (15/11/2024)

<https://plparchitecture.com/the-edge/> (15/11/2024)

<https://www.slc.philips.com/support/cases/office/edge> (15/11/2024)

<https://www.interact-lighting.com/global/customer-stories/the-edge> (15/11/2024)

The Edge è stato riconosciuto a livello mondiale come l'edificio per uffici più sostenibile e più intelligente del mondo.

Progettato nel 2016 da PLP Architecture per una società di Londra, Deloitte, a Zuidas, il centro direzionale di Amsterdam.

ENERGIA SOLARE:

Il design innovativo di The Edge sfrutta l'energia solare al massimo delle sue potenzialità.

La sua facciata meridionale è caratterizzata da una serie di pannelli solari e finestre, dotate anche di un tetto coperto da pannelli. L'orientamento dell'edificio e la facciata in vetro massimizzano la luce naturale senza compromettere il controllo della temperatura interna. Lo spessore del calcestruzzo portante e le finestre profondamente incassate regolano ulteriormente il calore, riducendo la necessità di tende. Queste caratteristiche, unite ai pannelli solari super-efficienti sul lato sud, contribuiscono a far sì che The Edge consumi il 70% in meno di elettricità rispetto ai tipici edifici per uffici.

CLIMATIZZAZIONE:

The Edge riesce a mantenere un clima perfetto pur rimanendo eco-compatibile.

Per farlo si avvale di 2 sorgenti d'acqua sotterranea, a 130 metri di profondità, che fungono da accumulatori di energia termica per acqua calda e fredda. Le pompe di accumulo dell'energia termica della falda regolano la temperatura dell'edificio facendo circolare l'acqua in base alle condizioni interne ed esterne. Alimentato dall'energia solare autogenerata, questo sistema utilizza pannelli luminosi a LED con sensori per fornire letture dettagliate della temperatura e dell'umidità su ogni piano. Questo controllo di precisione elimina i punti caldi e freddi naturali, in particolare vicino alle finestre, contribuendo all'elevata soddisfazione dei dipendenti per la gestione del clima dell'edificio.

SMART LIGHT:

In The Edge, la personalizzazione incontra la tecnologia all'avanguardia.

I dipendenti possono regolare l'ambiente di lavoro utilizzando un'applicazione personalizzata di Philips sui loro smartphone o tablet. I 6.000 LED a basso

consumo energetico dell'edificio sono collegati in modo intelligente ai sensori di luce diurna, temperatura, infrarossi e movimento, attivandosi solo quando necessario. Questi LED intelligenti forniscono 300 lux di illuminazione invece dei 500 lux standard, con un'impressionante efficienza energetica di 3,9 W/m² rispetto ai tipici 8 W/m². Questo sistema innovativo non solo migliora il comfort individuale, ma riduce anche in modo significativo il consumo energetico.



ILLUMINAZIONE PHILIPS

Case study, The Edge Amsterdam, Uffici. Philips illumina il The Edge creando un ambiente confortevole, produttivo e sostenibile. Settembre 2015 Koninklijke Philips

Case study A new sustainable age for built environments with Interact connected lighting EDGE Amsterdam West, Netherlands. Interact by Signify. <https://www.interact-lighting.com/global/customer-stories/edge-west> (15/11/2024)

Il sistema utilizza circa 6.500 apparecchi LED connessi per creare un 'SOFFITTO DIGITALE' nei 15 piani dell'edificio.

Con sensori integrati in 3.000 di questi apparecchi che funzionano con il software di gestione della luce Philips Envision, il sistema cattura, immagazzina, condivide e distribuisce informazioni in tutto lo spazio illuminato.

I facility manager utilizzano il software per visualizzare e analizzare questi dati, monitorare il consumo di energia e semplificare le operazioni di manutenzione.

COME FUNZIONA:

Il sistema utilizza 750 Power-over-Ethernet (PoE) switch per collegare gli apparecchi di illuminazione alla rete informatica dell'edificio. Grazie ai PoE, i cavi Ethernet inviano alimentazione e dati agli apparecchi, eliminando la necessità di cavi di alimentazione separati. I sensori integrati, registrano dati anonimi sull'occupazione, la temperatura e l'umidità dei locali, che vengono utilizzati per fornire con precisione illuminazione, riscaldamento, raffreddamento e pulizia con la massima efficienza energetica.

I livelli di luce, riscaldamento, raffreddamento e pulizia vengono ridotti nelle aree poco frequentate per risparmiare tempo, denaro ed energia.

COME SI CONNETTONO:

I singoli dipendenti usano il sistema per creare uno spazio personale.

Ad esempio, gli apparecchi connessi utilizzano il sistema VLC (visible light communications) per offrire servizi ai dipendenti nello spazio illuminato. Il VLC invia un codice tramite il fascio di luce LED e la fotocamera dello smartphone del dipendente lo riceve registrandone la posizione. Grazie ad un'app per iPhone progettata per il The Edge, il dipendente può controllare l'illuminazione sopra una specifica scrivania, anche in un ufficio open space. I dipendenti utilizzano l'app per regolare l'illuminazione e la temperatura nelle sale riunioni.

ALTRI VANTAGGI:

Ci sono anche ulteriori vantaggi, dato che il sistema di illuminazione connessa consente ai dipendenti di individuare i colleghi, di controllare la disponibilità delle stanze e di passare da un posto all'altro. Le aree di lavoro possono anche essere personalizzate ad hoc per fornire l'illuminazione adatta ad una particolare attività. Ovviamente, l'illuminazione LED è anche famosa per il basso consumo di energia, quindi è stato possibile ottenere risparmi energetici fin dal primo giorno. I risparmi previsti sono di € 100.000 in termini di costi energetici e di € 1,5 milioni in spese di utilizzo dello spazio.

Comunicando e interagendo con l'ambiente, la vita in ufficio diventa un'esperienza coinvolgente. I dipendenti personalizzano il proprio ambiente, rendendo così l'edificio un luogo più invitante per lavorare.

PHILIPS

Uffici

The Edge



6,500

apparecchi d'illuminazione su 15 piani



3,000

apparecchi d'illuminazione con sensori integrati



750

Switch PoE per fornire connettività ed alimentazione



€100,000

di risparmi previsti in costi energetici e € 1,5 milioni in costi di utilizzo dello spazio



ADAPTIVE ARCHITECTURE DI PHILIP BEESLEY

Beesley, Philip, ed. Near-Living Architecture: Work in Progress from the Hylozoic Ground Collaboration 2011-2014. Toronto: Riverside Architectural Press, 2014. Part. 1

Il lavoro di Beesley esplora ambienti che "respirano" e "reagiscono" alla presenza degli utenti. Strutture leggere e flessibili, come in Hylozoic Ground, rispondono ai movimenti attraverso reazioni chimiche e meccaniche, simulando organismi viventi.

HYLOZOIC GROUND

Hylozoic Ground. Canadian Pavilion, Venice Biennale. Venice, IT – 2010. Philip Beesley Website. <https://www.philipbeesleystudioinc.com/sculpture/hylozoic-ground-venice-biennale/> (15/11/2024)

Hylozoic Ground. Liminal Responsive Architecture. Philip Beesley. Riverside Architectural Press, 2010. First ed. ISBN 978-1-926724-02-7

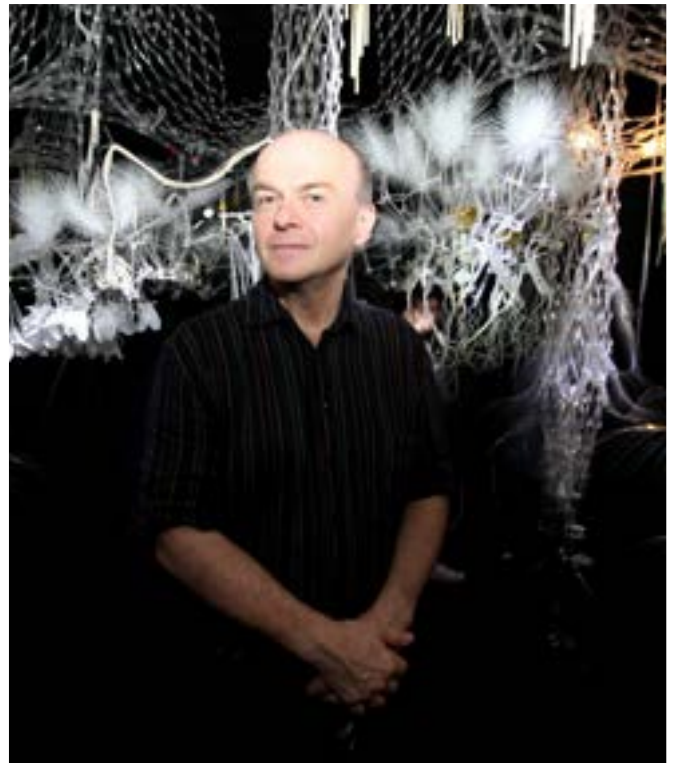
Hylozoic Ground dell'architetto e scultore Philip Beesley (PBAI/Università di Waterloo) è stato selezionato attraverso un concorso nazionale per rappresentare il Canada alla Biennale di Architettura di Venezia del 2010.

Hylozoic Ground è un'architettura sperimentale unicamente canadese che esplora le qualità della natura selvaggia contemporanea. Il progetto ha trasformato il Padiglione del Canada in una foresta artificiale costituita da un intricato reticolo di piccole maglie acriliche trasparenti, ricoperte da una rete di fronde meccaniche interattive, filtri e baffi.

Decine di migliaia di componenti leggeri fabbricati digitalmente sono stati dotati di microprocessori e sensori di prossimità che reagiscono alla presenza umana. Questo ambiente reattivo funziona come un polmone gigante che respira e si espande intorno ai suoi occupanti. Schiere di sensori tattili e attuatori in lega a memoria di forma (un tipo di meccanismo cinetico non motorizzato) creano onde di movimento empatico, attirando i visitatori nelle inquietanti profondità scintillanti di un paesaggio mitico, una fragile foresta di luce.

L'architettura visionaria di Beesley colpisce le persone a livello emotivo e poetico, collegando l'animato e l'inanimato. Le sofisticate tecnologie utilizzate nell'opera sono state tradotte direttamente in involucri architettonici che includono sistemi di filtraggio e ombreggiamento fabbricati.

Il lavoro ha ulteriori applicazioni in un'ampia gamma di discipline, tra cui il design sostenibile, i geotessili, la scienza dei materiali, l'ingegneria ambientale, la robotica, la psicologia e la biotecnologia.



Philip Beesley: Hylozoic Ground. Canadian Pavilion at Architecture Biennale Venice 2010 / Interview. 12th International Architecture Exhibition -- La Biennale di Venezia, Venice / Italy. August 27/28, 2010. https://youtu.be/v86B9Nz_LVU?si=PAndXQaackcoOFXi (16/11/2024).

“Ilozoismo è una parola del greco che significa “vita che emerge dalla materia”. È un concetto che tutti abbiamo sperimentato quando da piccoli ci chiedevamo se le rocce fossero vive o meno. In questo progetto, l’ilozoismo è abbastanza specifico.

Stiamo lavorando con materiali sottili, elettricità e chimica, che vivono insieme e intrecciano interazioni che, all’inizio, creano un’architettura reattiva che simula la vita. Ma all’aumentare di queste interazioni, questi materiali iniziano a comportarsi come la vita, come alcuni ingredienti della vita.

Le interazioni chimiche con cui stiamo lavorando qui, come la chimica umida (Un forma di chimica che usa metodi classici come l’osservazione, per analizzare i materiali), mostrano cicli catalitici (è un termine che indica una reazione a più stadi che coinvolge un catalizzatore, ossia un’agente che accelera una reazione) che iniziano a generare vita artificiale. Questo progetto inizia con semplici e primitive architetture. Un’architettura che è responsiva, che crea spazio, tesse lo spazio insieme a reticoli iperbolici. Il tipo di reticoli iperbolici inseriti, nudi, senza meccanismi, sono una sorta di geotessile, che è un rinforzo del paesaggio che rende un fondamento una sorta di nuovo terreno che è un tipo di architettura fondamentale. L’atto di creare il terreno stesso.

Questi reticoli sono poi rivestiti con una serie di meccanismi che fanno sì che l’ambiente possa respirare e spostarsi in relazione a noi. Questi sono poi ulteriormente rivestiti da schiere di microprocessori che diffondono l’ambiente con un’intelligenza simile a quella degli insetti. Un’intelligenza molto primitiva che gli permette di lavorare come una barriera corallina, uno sciame primitivo.

Se comprimiamo tutto questo insieme, in un solo strato composito, possiamo ottenere un muro vivente, un’architettura costruita per il futuro che può filtrare materiali, che si può muovere, può essere usata come riparo.

Allo stesso tempo quest’architettura è surreale, quasi delirante, perché tocca confini estremi di esperienza al suo interno.

Possiamo immaginare un’architettura che ci possa

rispondere, che sa che siamo qui, a cui potrebbe importare di noi.”



Beesley, Philip, Matthew Chan, Rob Gorbet, Dana Kulić, and Mo Memarian. "Evolving Systems within Immersive Architectural Environments: New Research by the Living Architecture Systems Group" Next Generation Building 2.1 (2015): 31-56.

Il gruppo canadese Living Architecture Systems Group (LASG) riunisce scienziati, ingegneri, architetti e artisti che lavorano insieme per creare prototipi su larga scala di spazi architettonici immersivi con qualità che si avvicinano molto a quelle dei sistemi viventi.

Lavorando in gruppi interdisciplinari che uniscono architetti, ingegneri e scienziati, il LASG sta costruendo ambienti in grado di muoversi, rispondere e imparare; ambienti che si rinnovano con scambi chimici e che sono adattivi ed empatici nei confronti dei loro abitanti.

Lo sviluppo di funzioni reattive e robotiche in grado di funzionare efficacemente all'interno della sfera pubblica dell'architettura richiede competenze specialistiche che attingono a molteplici discipline, tra cui l'architettura professionale, l'ingegneria dei sistemi di progettazione, l'ingegneria elettrica e informatica, l'ingegneria meccanica e il design industriale.

L'architettura cinetica 'reattiva' richiede:

- Meccanismi efficaci e impalcature di supporto
- Sistemi di controllo applicabili a organizzazioni distribuite
- Meccanismi e configurazioni hardware
- Sistemi di comunicazione e di rete
- Controlli basati su software
- Algoritmi per l'apprendimento, l'adattamento e l'interazione uomo-macchina

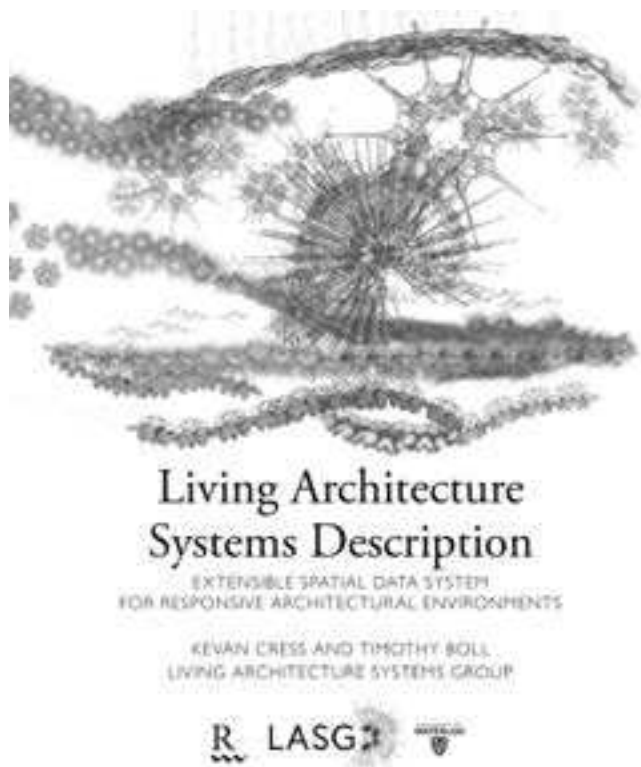
Le strutture reattive devono essere dotate di molteplici caratteristiche sensoriali in grado di riconfigurarsi e adattarsi all'ambiente circostante e agli occupanti. Le strutture geometriche reattive ottimali sono una caratteristica fondamentale dei progetti abitativi. La capacità di adattare la struttura alla locomozione è una funzione facilmente riscontrabile sia in natura che nella tecnologia robotica.

Per la produzione dei componenti degli ambienti vengono utilizzati materiali flessibili e resilienti (acrilico, copoliestere e silicone), oltre a lamiere metalliche ad alta temperatura selezionate per la loro elasticità e resistenza. L'acrilico modificato

resistente agli urti viene utilizzato per la maglia di griglia Hylozoic e per gli scheletri della maggior parte degli assemblaggi e dei dispositivi Hylozoic. Piastre resilienti tagliate al laser e tubi di silicone prefabbricati sono utilizzati all'interno di giunti flessibili e smorzatori di vibrazioni

Strati cartilaginei di silicone e polimero di cloruro di polivinile compaiono in tutti gli ambienti Hylozoic. Piastre resilienti tagliate al laser e tubi di silicone prefabbricati sono utilizzati all'interno di giunti flessibili e smorzatori di vibrazioni. Questi dettagli sono impiegati nelle aree sottoposte a sollecitazioni aggiuntive, compresi i soffitti di alleggerimento della forza per le tettoie a rete.

Il pezzo si apre, creando una tensione a molla che a sua volta provoca un ritorno a "scatto", localizzando l'inserito a cuneo in modo sicuro all'interno del suo foro di bloccaggio. Questo dettaglio consente un'integrazione quasi completa degli attacchi, evitando la necessità di hardware di fissaggio aggiuntivi.



La serie Hylozoic comprende un gran numero di componenti attuati e cinetici che si sono evoluti nell'ultimo decennio. Un meccanismo che è apparso nel corso di questo processo evolutivo è un "PORO RESPIRATORE", alimentato da un attuatore a filo in lega NiTi a memoria di forma e configurato con estensioni del foglio polimerico simili a quelle della parte anteriore, sostenute da una linguetta simile a una molla a foglia. Il poro respiratore è illustrato nella figura di fianco.

Il meccanismo prevede due azioni fondamentali, che tendono a verificarsi contemporaneamente:

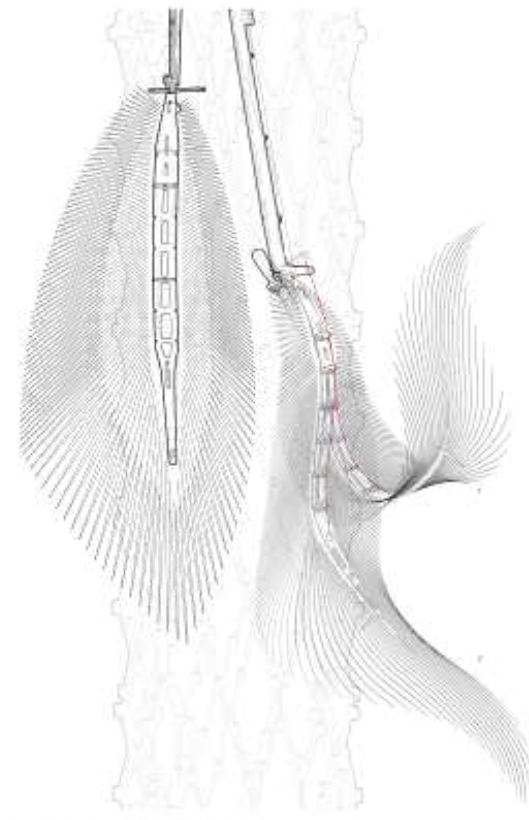
- **INTERAZIONE:**

Il poro risponde direttamente allo stimolo umano, impartendo movimenti di arricciamento e accarezzamento ogni qualvolta il suo sensore di prossimità a infrarossi viene stimolato.

- **RICAMBIO DELL'ARIA:**

La superficie fessurata, simile a una fronda, che prolunga la linguetta del meccanismo, serve a smuovere l'aria, favorendo correnti lente che aiutano a scambiare aria viziata e aria fresca all'interno dello spazio dell'installazione.

I singoli attuatori hanno delle contrazioni limitate che vengono ampliate tramite diverse amplificazioni cinetiche stratificate, ognuna delle quali si basa sul movimento precedente.



A cascata si innescano diversi elementi che rendono il movimento più ampio e complesso.

Sono incluse, ad esempio:

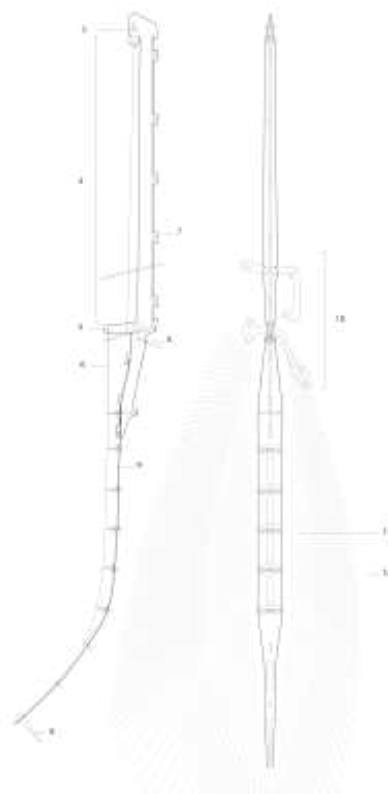
- Nucleo costituito da una linguetta flessibile in acrilico e copoliestere
- Leve primarie
- Linguette secondarie
- Molle a balestra
- Fogli sottili terziari di polimero fessurato.
- Filamento di nylon.

Linguette secondarie che azionano molle a balestra e fogli sottili terziari di polimero fessurato che producono un movimento visibile sostanziale.

Un filamento di nylon viene utilizzato per tirare la punta della lingua portando ad un arricciamento della punta.

Le ciglia di silicone montate sulla punta stretta all'estremità della lingua e le forme di fronde di mylar tagliate al laser estendono le dimensioni del meccanismo, fornendo un'interfaccia umana che incoraggia l'interazione tattile e gestuale e configurando allo stesso tempo una superficie fessurata in grado di agitare l'aria.

Movimenti complessi e composti sono stati ottenuti combinando un gran numero di questi meccanismi in disposizioni stratificate sovrapposte e orchestrando catene di risposte in onde.



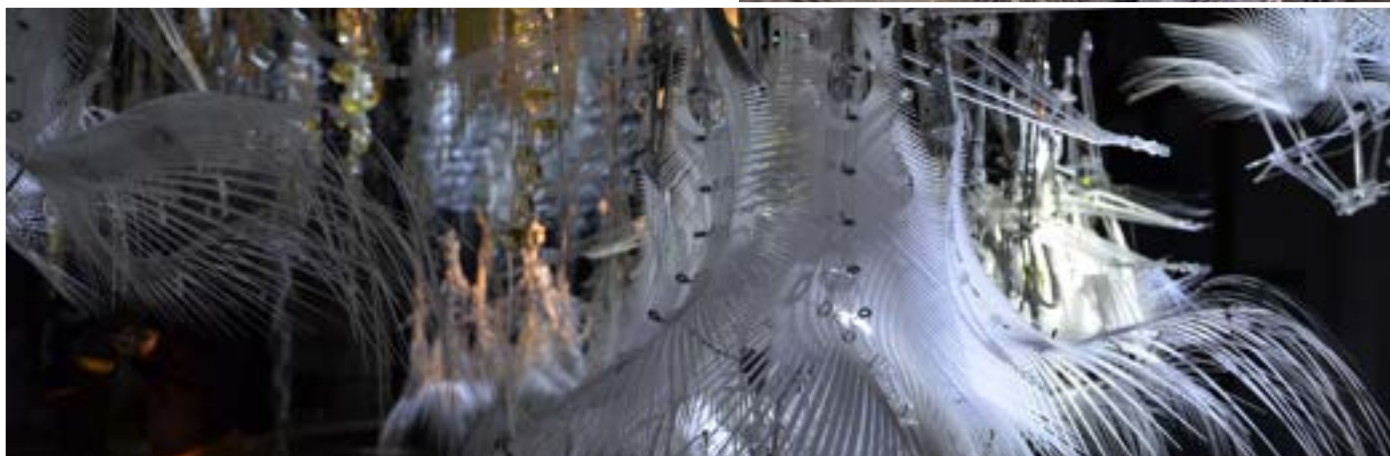
Un nuovo tipo di poro respiratorio “a tentacolo” è attualmente in fase di sviluppo. Il tentacolo è illustrato nella figura di fianco. Ogni tentacolo è progettato per coprire circa un terzo di un emisfero nel raggio di movimento.

Vengono combinati 3 tentacoli disposti radialmente per ottenere una copertura perimetrale completa.

Questi nodi sono a loro volta organizzati in un array modulare triangolare

L'intersezione delle fronde dei tentacoli crea una forma a “cupola”.

Questo dispositivo è dotato di un hardware elettronico associato all'algoritmo di apprendimento basato sulla curiosità, sviluppato per controllare la nuova struttura reattiva. Su ogni faccia del tentacolo sono posizionati dei sensori di prossimità mobili, con controlli di feedback che permettono un movimento che segue le posizioni degli stimoli ricevuti da ogni sensore mobile.



YURI SUZUKI

<https://yurisuzuki.com/projects>

Yuri Suzuki (nato nel 1980) è un artista, designer e musicista giapponese. Noto soprattutto per la progettazione di oggetti basati sul suono.

Le sue opere e installazioni sono state esposte in tutto il mondo e ha creato opere interattive molto apprezzate per la Turner Contemporary, il Dallas Museum of Art, la Potsdamer Platz di Berlino e i Brown Hart Gardens di Mayfair. Inoltre è stato per diversi anni partner dell'ufficio londinese di Pentagram.

THE AMBIENT MACHINE

<https://yurisuzuki.com/projects/the-ambient-machine>

Creare un'atmosfera di sottofondo personalizzata tramite 32 interruttori a levetta con questo "condizionatore di suoni".

A causa della pandemia globale, ci si è trovati a trascorrere più tempo che mai in un unico ambiente. Questo ci ha dato l'opportunità di ascoltare più attentamente i suoni ambientali che ci circondano. I suoni provenienti dall'ambiente esterno in cui viviamo, i rumori delle nostre case e gli echi dei suoni che produciamo noi stessi diventano il nostro ambiente di fondo.

L'Ambient Machine mette a disposizione una serie di suoni e musiche che possiamo utilizzare per creare il proprio ambiente di sottofondo. Il rumore bianco può mascherare i suoni sgradevoli che ci circondano e dare un senso di sollievo, i suoni naturali possono dare la sensazione di trasferirci in un nuovo ambiente e di staccarci dagli ambienti in cui siamo stati confinati, mentre i ritmi musicali possono fornire schemi con cui trovare stabilità.

L'idea di utilizzare il suono e la musica come parte del rumore ambientale di fondo, invece di metterlo in primo piano, ha una storia che inizia con le opere di Erik Satie e, più recentemente, con la musica ambientale di Brian Eno.

Attivando i vari interruttori del dispositivo, The Ambient Machine permette di creare il nostro sottofondo musicale più adatto al nostro stato d'animo. L'Ambient Machine è stata presentata nella mostra "Thirty Six Views" di E&Y a Roppongi, in Giappone, dove ha esaurito rapidamente la sua prima tiratura limitata a 20 esemplari.



“LIVING ARCHITECTURE” - NERI OXMAN

Neri Oxman ha lavorato su progetti di architettura biologica in cui gli ambienti si adattano in modo dinamico grazie a materiali che reagiscono ai cambiamenti ambientali. L'uso della biomimetica e delle tecnologie avanzate consente agli edifici di rispondere ai cambiamenti di temperatura, luce e umidità, creando un ambiente che "vive" e si adatta in modo autonomo.

<https://www.media.mit.edu/people/neri/overview/>

<https://oxman.com/>

Neri Oxman è Professoressa presso la Sony Corporation Career Development e Professoressa Associata di Media Arts and Sciences presso il MIT Media Lab, dove ha fondato e dirige il gruppo di ricerca Mediated Matter. Il suo team conduce ricerche all'intersezione tra design computazionale, fabbricazione digitale, scienza dei materiali e biologia sintetica e applica queste conoscenze al design attraverso le discipline, i media e le scale, dalla microscala alla scala degli edifici.

L'obiettivo di Oxman è aumentare la relazione tra ambienti costruiti, naturali e biologici, impiegando principi di progettazione ispirati e ingegnerizzati dalla natura e implementandoli nell'invenzione di nuove tecnologie di progettazione. Le aree di applicazione comprendono la progettazione architettonica, il design del prodotto, il design della moda e la progettazione di nuove tecnologie per la fabbricazione e la costruzione digitale.

Oxman ha coniato il termine e ha aperto la strada al campo della Material Ecology, che considera il calcolo, la fabbricazione e il materiale stesso come dimensioni inseparabili del design. In questo approccio, i prodotti e gli edifici sono informati biologicamente e progettati digitalmente da, con e per la natura.

MISSION

OXMAN ripensa il design per dare vita a un futuro di completa sinergia tra natura e umanità. OXMAN propone la creazione di soluzioni di design da, per e con la Natura, promuovendo al contempo l'umanità. Questo approccio olistico ci impone di progettare attraverso scale e regni per ottenere un impatto a livello di sistema.

Il design incentrato sulla natura considera ogni costruzione progettuale come un sistema completo, intrinsecamente connesso all'ambiente attraverso interrelazioni eterogenee e complesse che possono essere mediate dal design. Si tratta di un passaggio dal consumo della natura come risorsa geologica al suo nutrimento come risorsa biologica.

1. La natura come co-cliente
Chiediamo un cambiamento nel modo in cui percepiamo la clientela e la redditività commerciale, trasformando la Natura in un co-cliente all'interno della pratica progettuale.

2. Design incentrato sulla natura
Il design incentrato sulla natura invita a creare soluzioni progettuali al servizio della natura e al tempo stesso al servizio dell'umanità.



3. Design attivista

Il design attivista utilizza la tecnologia per sollecitare le aziende committenti a implementare i valori incentrati sulla natura nelle industrie di progettazione, costruzione e produzione.

4. Crescita più che assemblaggio

Il design computazionale attraverso l'auto-organizzazione consente di generare forme vaste e diverse, simili a quelle che emergono attraverso i processi di crescita biologica presenti in Natura.

5. Sistema più che oggetto

Il design incentrato sul sistema considera qualsiasi costruito di design - indossabile, prodotto o edificio - un sistema di interrelazioni quantificate tra domini naturali, biologici e digitali.

6. Tecnologia più che tipologia

Le tecnologie di piattaforma pongono il metodo scientifico e l'innovazione tecnologica al centro della pratica architettonica, rivisitando tipologie ormai obsolete.

7. La differenza sulla ripetizione

La ripetizione percepita nel mondo naturale esiste solo attraverso la differenza e la variazione di fondo in risposta ai vincoli ambientali, puntando alla progettazione per il comportamento rispetto alla forma.

8. Integrazione anziché segregazione

La funzionalità non è incorporata in costruzioni di design attraverso componenti materiali discreti, ma piuttosto distribuita in modo inseparabile in un unico sistema intelligente che è superiore alla somma delle sue parti.

9. Decadimento piuttosto che smaltimento

Il decadimento programmato può essere progettato in modo che la materia venga consumata dallo stesso ecosistema che l'ha fatta germogliare per alimentare una nuova crescita, potenziando così i cicli delle risorse anziché esaurirli.



GEMINI

Oxman, Neri, Daniel Dikovsky, Boris Belocon, and W. Craig Carter. "Gemini: Engaging Experiential and Feature Scales Through Multimaterial Digital Design and Hybrid AdditiveSubtractive Fabrication." 3D Printing and Additive Manufacturing 1, no. 3 (September 2014): 108114. © 2014 Mary Ann Liebert, Inc. <http://dx.doi.org/10.1089/3dp.2014.1505>

Gemini è una chaise lounge costruita con una fabbricazione ibrida che prevede la stampa 3D di una pelle polimerica testurizzata combinata con la fresatura CNC di un telaio in legno. La texture della poltrona è stata ispirata dalla geometria dei semi del fiore *Ornithogalum dubium* e progettata utilizzando un'implementazione computazionale di un processo di Poisson disomogeneo. La texture stampata in 3D è stata ispirata alla distribuzione del peso di una persona, con l'obiettivo di fornire supporto strutturale e comfort da un lato e di massimizzare l'assorbimento del suono emanato da fonti esterne di rumore dall'altro. Gemini è il primo oggetto funzionale prodotto con la stampante 3D multimateriale a colori Stratasys Objet500 Connex3 che include il materiale Tango + soft. Rappresenta uno dei primi casi di approccio ibrido alla produzione additiva e sottrattiva, che combina la forza di entrambe le tecniche.

Gemini - una "chaise twin" acustica - abbraccia molteplici scale dell'esistenza umana estendendosi per metafora dal calore del grembo materno alle distese dello zodiaco dei Gemelli nello spazio profondo. Ricapitola un cosmo umano: il nostro corpo - come la costellazione dei Gemelli - alla

deriva nello spazio. In questo progetto esploriamo le interazioni tra coppie: ambienti sonori e solari, materiali naturali e sintetici, sensazioni dure e morbide, nonché la fabbricazione sottrattiva e additiva. Il progetto è radicato nella relazione mitica tra due gemelli: uno è mortale - nato dall'uomo - l'altro divino. Composta da due elementi materiali, un insieme più grande della somma delle sue parti, come il sole e la luna, come Adamo ed Eva, la chaise forma uno spazio semi-chiuso che circonda l'uomo con un ambiente privo di stimoli, ricapitolando la quiete definitiva del grembo materno che riecheggia le nostre voci più intime. L'esperienza di calma e immobilità all'interno della chaise richiama l'esperienza prenatale del feto circondato dalla serenità amniotica, un antidoto al mondo ricco di stimoli in cui viviamo. Questo risultato è ottenuto grazie alla combinazione di un involucro in legno massiccio fresato e di un'intricata pelle cellulare in materiale fonoassorbente. Gemini è il primo progetto funzionale a implementare la tecnologia Connex di Stratasys, che utilizza 44 materiali con combinazioni meccaniche uniche preimpostate che variano in rigidità, opacità e colore in funzione di vincoli geometrici, strutturali e acustici. 1,2 Gemini, l'oggetto, è progettato come una sedia reclinabile che offre supporto strutturale e comfort al corpo umano. Gemini, l'esperienza, è stato progettato come una camera acustica che offre un ambiente privo di stimoli per calmare la mente.



La superficie stampata in 3D è stata progettata per assorbire le riflessioni delle onde sonore o elettromagnetiche e isolare dalle fonti di rumore esterne. In questo senso può essere considerata una camera anecoica abitabile. 3 La struttura della chaise si ispira alla geometria dei semi del fiore di *Ornithogalum dubium*, caratterizzata da una struttura cellulare molto compatta con “dita” interconnesse che collegano una cellula alle altre. 4 Questa geometria consente di aumentare il rapporto superficie/volume, massimizzando il numero di rimbalzi che un'onda compie all'interno della struttura. A ogni rimbalzo, l'onda perde energia nel materiale stampato in 3D e quindi esce con una potenza di segnale ridotta. Una micrografia dei semi del fiore di *O. dubium* rivela un modello di unità di interconnessione a forma di stella, che varia per dimensioni, numero di unità di interconnessione o dita e altezza locale. Per la superficie della poltrona, l'obiettivo era creare una texture ispirata all'esemplare biologico, mappandone la logica geometrica e le proprietà sulla superficie della sedia.

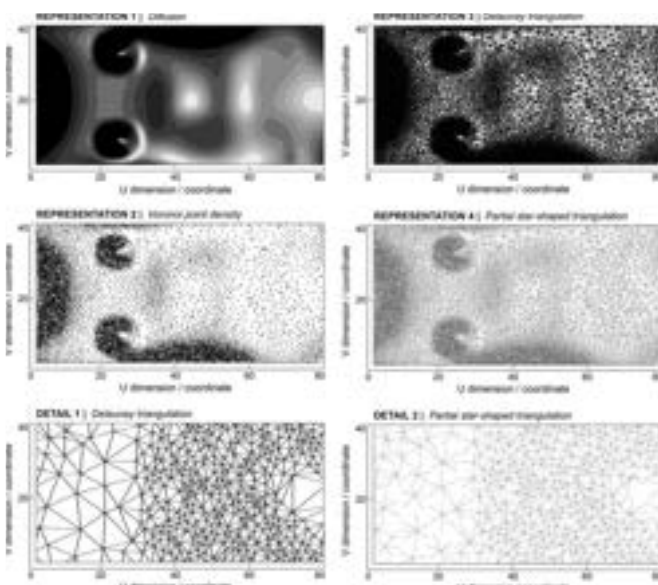
<https://3dprintedart.stratasys.com/projects-1/project-one-kmrce-tems-gsh6k-jj7tr-fck24-35zrs-ts548-g85dj-m9bjf-6l9h4>

Trasmettendo la relazione tra due gemelli nel grembo materno attraverso le proprietà dei materiali e la loro disposizione spaziale, Gemini è una chaise lounge in due parti. La struttura, simile a un bozzolo, ammortizza il corpo all'interno di un bozzolo colorato e multi-materiale stampato in 3D, che riproduce la tranquillità del grembo materno. L'esterno è protetto da un guscio in legno massiccio. L'interno di Gemini è rivestito da 44 combinazioni di materiali digitali PolyJet in varie tonalità di gialli e arancioni trasparenti e opachi.

La “pelle” stampata in 3D non solo si rivolge a specifici punti di pressione sul corpo per formare un paesaggio sensoriale, ma crea anche un effetto acustico vibrazionale unico per un ambiente tranquillo e rilassante, invocando l'esperienza prenatale del feto.

Gemini presenta 2 parti separate e indipendenti che insieme formano un involucro:

- Gemini Alpha
- Gemini Beta.



PHILIPS: ECO FRIENDLY MICROBIAL HOME

<https://www.designboom.com/design/philips-eco-friendly-microbial-home/>

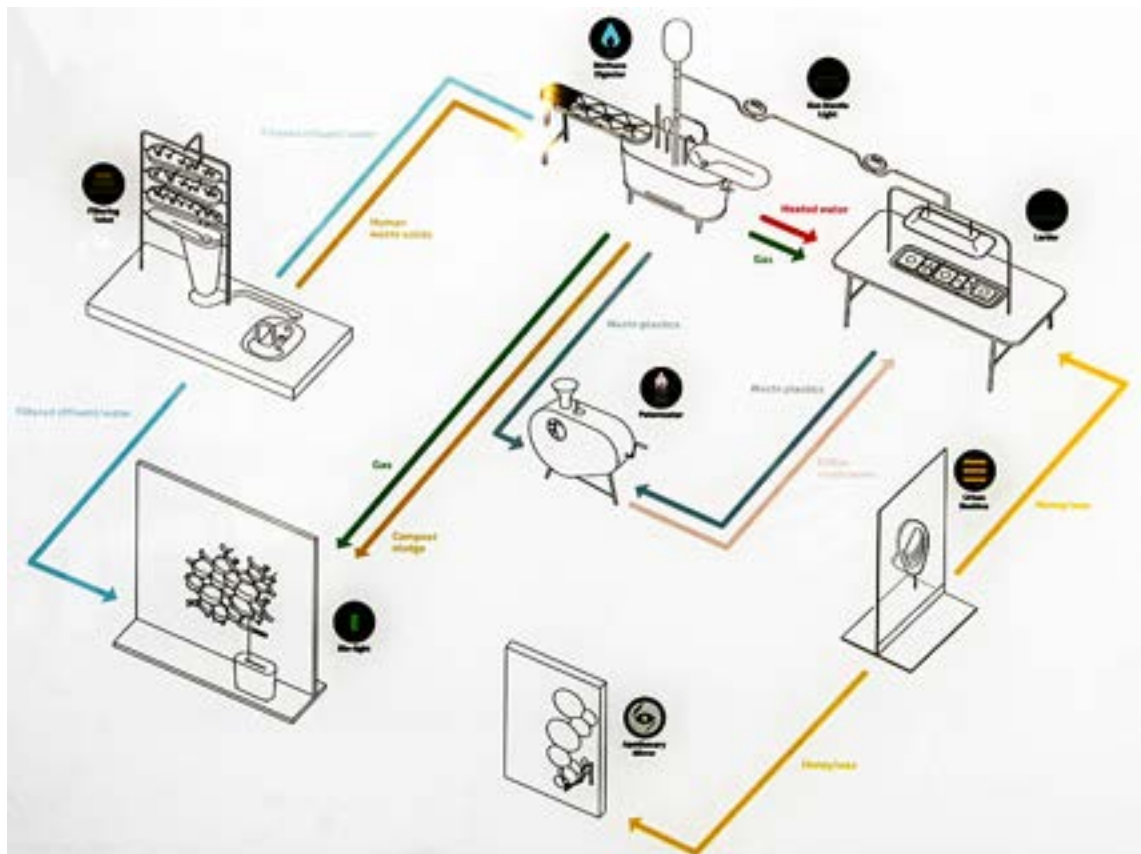
La “Casa microbica” è un progetto di Philips Design esposto alla galleria piet hein eek durante la settimana olandese del design 2011 a eindhoven, nei Paesi Bassi.

La Microbial Home è un progetto di casa concettuale che adotta un approccio sistemico all'attività domestica.

Nel progetto le macchine vengono collegate in un sistema ciclico di input e output che permette di ridurre al minimo gli sprechi.

Questo progetto è inteso come una “casa”, non in senso stretto di edificio, ma più come un insieme di prodotti che interagiscono tra di loro oltre che con l'utente.

Si tratta quindi di un sistema composto da più progetti, in grado di lavorare autonomamente e sinergicamente.



BIODIGESTORE A METANO - Methan bio digester

Si tratta di un'isola da cucina che genera energia da utilizzare per cucinare e riscaldarsi.

Comprende un piano di taglio con macinatore di rifiuti e un fornello a gas.

Nel dispositivo, il "biogas" viene prodotto sviluppando colture batteriche che generano gas e che vivono di rifiuti organici.

Il gas dei batteri viene raccolto e bruciato, per essere utilizzato nel fornello e nelle luci integrate o inviato per riscaldare le tubature dell'acqua e per essere utilizzato in altri componenti della "casa microbica".



DISPENSA - Larder

Il Larder è un tavolo da sala da pranzo che funge da sistema di conservazione degli alimenti grazie al suo raffreddatore evaporativo, simile a un frigorifero naturale.

Il centro del tavolo è composto da scatole di terracotta incastonate, la cui superficie esterna è riscaldata dai tubi dell'acqua calda del 'biodigestore' a metano.

Gli scomparti variano per spessore delle pareti e per volume, fornendo spazi a temperature diverse per la conservazione di diversi tipi di prodotti.



DECOMPOSITORE - PATERNOSTER

Il “paternoster” è un “riciclatore di rifiuti plastici” che utilizza il fungo micelio per decomporre confezioni e sacchetti di plastica.

Gli enzimi all'interno del fungo sono in grado di decomporre la plastica, utilizzando il materiale come cibo e producendo così funghi commestibili (a condizione che gli inchiostri sulla plastica non contengano materiali tossici). Le colture di funghi vengono coltivate in vetro e inserite in una ruota a fondina all'interno del dispositivo. Ogni settimana, i fondi di plastica vengono mescolati con il micelio. La superficie anteriore di “paternoster” può essere aperta per rivelare tutti i meccanismi interni della macchina a scopo didattico.



ALVEARE URBANO

L'alveare urbano è stato progettato per facilitare l'apicoltura domestica.

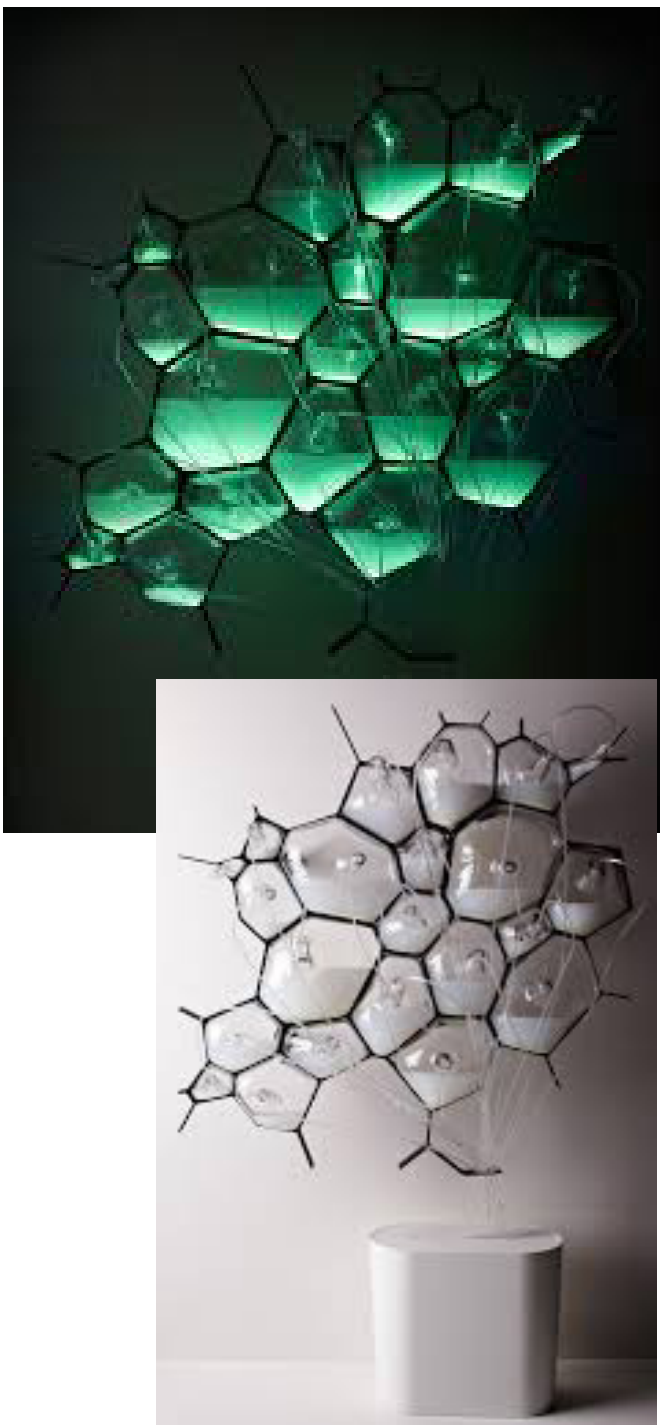
Installato in una parete esterna, un lato del dispositivo offre un vaso da fiori integrato sotto un tunnel d'ingresso per le api. Quando le creature volano verso l'alveare principale, trovano una struttura a nido d'ape preesistente su cui costruire le loro celle di cera. il guscio di vetro permette l'ingresso della luce arancione, che le api utilizzano per la vista, rendendo visibile la struttura interna e il lavoro delle api.



BIO-LIGHT

Le “bio-luci” utilizzano batteri bioluminescenti, alimentati con metano e materiale compostato dal “bio-digestore del metano”, o proteine fluorescenti per generare luce per la casa.

La struttura della lampada è una parete di celle di vetro sospese in una struttura d'acciaio appesa o indipendente, riempita di cellule biologiche. La luce a bassa intensità generata non richiede elettricità e potrebbe essere adattata all'uso urbano, autostradale e di navigazione, oltre che domestico.



TOILETTE ACCOVACCIATA FILTRANTE

La “toilette accovacciata filtrante” non richiede energia esterna e risparmia acqua grazie a uno speciale meccanismo di risciacquo. Il dispositivo filtra gli escrementi verso il “biodigestore di metano” per utilizzarli come energia.

Le ricerche suggeriscono che i servizi igienici accovacciati offrono benefici per la salute, come la riduzione del rischio di tumori al colon-retto, rispetto ai servizi igienici seduti; inoltre, nel progetto Philips, un corrimano integrato migliora il comfort e l'equilibrio.





**ACUSTICA
INDOOR**

1 ACUSTICA AMBIENTALE

Per comprendere correttamente i fenomeni dell'acustica ambientale all'interno, è necessario

applicare diversi modelli per prevedere la propagazione del suono alle alte e alle basse frequenze. Il **volume della stanza determina la frequenza limite** che identifica il passaggio da un modello all'altro.

In un'automobile è di circa 400 Hz, in un salotto medio è di circa 180 Hz e in una sala da concerto è di circa 30 Hz.

A **FREQUENZE** nettamente **MAGGIORI** si applica il **modello dell'acustica geometrica**, ovvero il **suono irradia da una sorgente** e viene poi **riflesso dalle pareti della stanza**. La **quantità di energia dispersa ad ogni riflessione dipende dalla natura delle pareti**.

Con l'aiuto di questo modello è possibile ricavare una serie di parametri acustici della stanza.

Il parametro più noto è il **tempo di riverberazione**. Si tratta di una misura della **riverberanza** di una stanza ed è strettamente correlata al livello sonoro generato da una sorgente sonora all'interno della stanza. Più lungo è il tempo di riverberazione, più alto è il livello sonoro.

A **FREQUENZE** nettamente **INFERIORI** alla frequenza limite, il semplice modello dell'acustica geometrica non è più applicabile.

I fenomeni che si verificano alle basse frequenze possono essere illustrati solo dalla **teoria delle onde acustiche**. Il campo sonoro è caratterizzato dagli **eigenmodes** della stanza. Si tratta di **onde stazionarie tridimensionali all'interno della stanza** che si sviluppano a determinate frequenze. Ogni **eigenmode** è associato a una diversa distribuzione della pressione sonora. Muovendosi in una stanza in cui è stato eccitato un eigenmode, si registrano forti fluttuazioni dell'intensità sonora.

Fasold, W.; Sonntag, E.; Winkler, H.: Bau- und Raumakustik, VEB Verlag für Bauwesen, Berlin 1987 ISBN 3-345-00140-3

Barron, M.: Auditorium Acoustics and Architectural Design, E&FN Spon, London 1993 ISBN 0-419-17710-8

ARMONICHE DELLA GAMMA DI FREQUENZE DELLA VOCE UMANA

La gamma di frequenze della voce FEMMINILE copre un range compreso tra 350 Hz e 17KHz.

- Fondamentale va da 350Hz a 3KHz
- Armoniche da 3KHz a 17KHz.

La voce MASCHILE copre una gamma di frequenze che va da 100Hz a 8KHz.

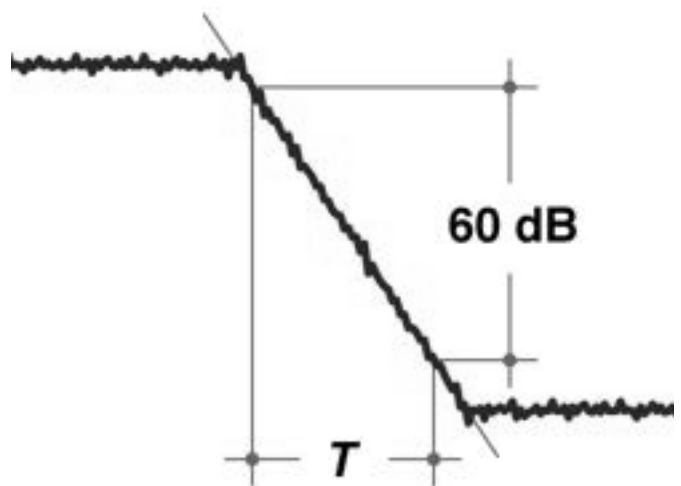
- Fondamentale va da 100Hz a 900Hz
- Armonica da 900Hz a 8KHz.

TEMPO DI RIVERBERO

La grandezza fisica più importante utilizzata per descrivere le proprietà acustiche di una stanza è il suo tempo di riverbero, ossia il tempo necessario affinché il livello sonoro in una stanza si riduca di 60 dB. Questa dipende principalmente da:

- Proprietà di assorbimento acustico delle pareti, dei pavimenti e dei soffitti, dall'arredamento.
- Volume della stanza
- Frequenza, poiché pietre, legno, tappeti o tessuti assorbono il suono in misura diversa a seconda delle frequenze.

Questi fattori sono presi in considerazione anche dalla norma DIN 18041 e dalla norma ÖNORM B 8115-3, in Germania. Entrambe le norme stabiliscono i tempi di riverberazione ottimali e i corrispondenti intervalli di tolleranza per i diversi ambienti.



Il tempo di riverbero è la grandezza acustica essenziale per tutti gli ambienti descritti di seguito:

AUDITORIUM:

Bisogna decidere se sono utilizzati solo per la musica, solo per il parlato o per entrambi. Questa

è importante perché determina il **tempo di riverberazione necessario**, che deve essere **più lungo per la musica che per il parlato**.

AULE DIDATTICHE, SALE CONFERENZE O RIUNIONI, AULE SCOLASTICHE:

È richiesto un **elevato livello di intelligibilità del parlato**. Le norme contengono diversi esempi che illustrano la posizione delle sezioni assorbenti sul controsoffitto. La regola generale per queste costruzioni è che **il soffitto deve essere riflettente nella parte centrale della stanza**.

AULE PER LA MUSICA, SALE DI PRATICA E DI PROVA:

Meyer raccomanda di garantire un tempo di riverberazione sufficientemente breve alle basse frequenze e una sufficiente diffusione del campo sonoro.

SALE DA MUSICA DA CAMERA, SALE DA CONCERTO, TEATRI, TEATRI D'OPERA:

È importante che per il pubblico la qualità **acustica sia più o meno la stessa indipendentemente dai posti a sedere**. Ciò richiede solitamente complesse simulazioni al computer per determinare **l'inclinazione ideale di pareti e soffitti**, nonché una distribuzione favorevole delle superfici assorbenti, riflettenti e di diffusione del suono.

SALE D'ASCOLTO, HOME CINEMA:

Per ottenere **un'acustica equilibrata, vivace e non troppo secca** nelle sale d'ascolto hi-fi o negli home cinema, si dovrebbe aspirare a un **tempo di riverberazione lineare rispetto alla frequenza**.

STUDI DI REGISTRAZIONE:

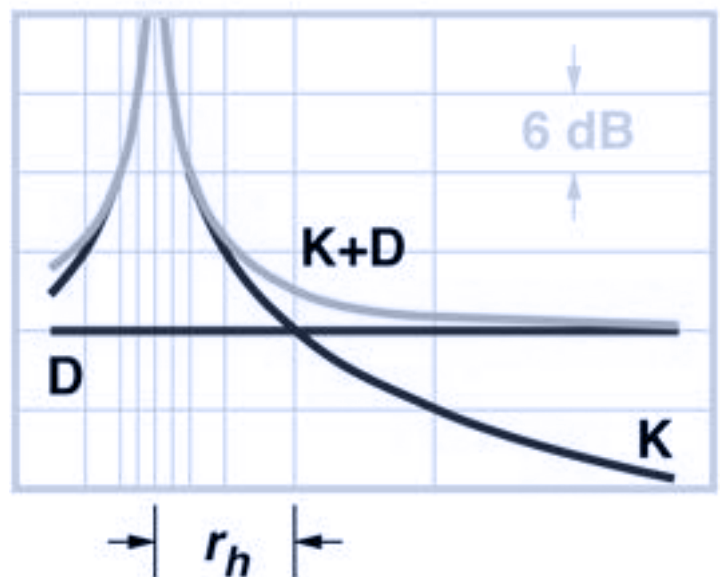
La norma DIN 15996, uno standard speciale per gli studi di registrazione, stabilisce **requisiti molto elevati per il tempo di riverberazione**.

LIVELLO SONORO IN UNA STANZA

Il livello sonoro è una misura del livello di intensità di una sorgente sonora. Negli ambienti il livello sonoro è caratterizzato da due diversi campi sonori, il campo sonoro diretto e il campo sonoro diffuso:

- Il campo sonoro **DIRETTO** è il **campo sonoro che deriva direttamente dalla sorgente sonora**. Con l'aumentare della distanza dalla sorgente, il livello sonoro diminuisce continuamente. Nel caso di sorgenti omnidirezionali che irradiano il suono uniformemente in tutte le direzioni, il livello diminuisce di 6 dB al raddoppio della distanza.
- Il campo sonoro **DIFFUSO** è creato dalle **frazioni di suono che vengono riflesse dalle superfici di confine della stanza**. Si propagano in modo disordinato nella stanza e la riempiono uniformemente di energia sonora.

I **campi sonori si sovrappongono**. In prossimità della sorgente sonora il livello sonoro è dominato dal campo sonoro diretto, mentre a distanze maggiori domina il campo sonoro diffuso.



La norma DIN 18041 e la norma ÖNORM B 8115-3 definiscono **gruppi di locali** che hanno in comune il requisito che **il rumore all'interno di questi locali non diventi eccessivo durante il normale utilizzo**:

UFFICI, CALL CENTER:

La soluzione migliore sono i **controsoffitti** e, ad oggi, quelli più usati sono quelli **termoattivi**. Questi sono realizzati per lo più in calcestruzzo e contengono tubi d'acqua che regolano la temperatura.

L'alternativa sono gli **assorbitori sospesi verticalmente** (i cosiddetti "baffles") o singoli

elementi con una buona conducibilità termica, cornici metalliche e una superficie di lamiera perforate, supportati da assorbitori acustici sulle pareti, in divisori di ambienti o mobili.

CHIRURGIE, SALE OPERATORIE E OSPEDALI:

Per motivi igienici, queste sale sono solitamente dotate di mobili che possono essere **facilmente puliti**. Tali mobili, tuttavia, **non assorbono quasi alcun suono**. In questi casi, l'acustica può essere notevolmente migliorata con l'aggiunta di un **piccolo numero di pannelli fonoassorbenti** in grado di soddisfare gli elevati requisiti igienici.

MENSE, BAR, RISTORANTI:

Un sufficiente assorbimento acustico può essere ottenuto utilizzando **sedie imbottite, tende spesse e tovaglie lunghe**. Questi accessori sono, però, incompatibili con un ambiente caratterizzato da acciaio e vetro.

BIGLIETTERIE, SPORTELLI BANCARI, SALE VENDITA, AEROPORTI, STAZIONI FERROVIARIE, MUSEI, SALE ESPOSITIVE:

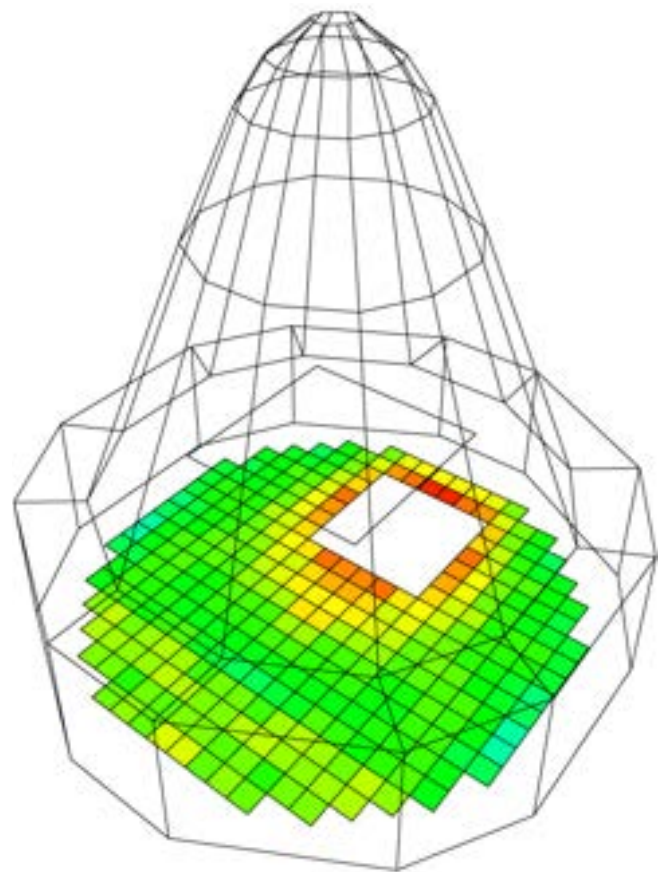
Tutti questi ambienti possono offrire un'atmosfera accogliente **se non risuonano troppo**.

CORRIDOI, SCALE, FOYER:

Anche l'atmosfera di scale, corridoi e atri di solito è più piacevole se non tutte le superfici sono rigide. Per ridurre il livello sonoro, le **pareti** o i **soffitti** dovrebbero essere almeno parzialmente dotati di **rivestimenti assorbenti**.

PARAMETRI ACUSTICI DELLA STANZA

Esiste diversi parametri acustici per gli ambienti il cui scopo è quello di **descrivere in modo oggettivo le impressioni sonore soggettive**. Tutti i parametri acustici degli ambienti possono essere determinati dalla risposta all'impulso dell'ambiente ad un determinato suono ed è valida solo per una specifica combinazione di posizioni dell'emettitore e del ricevitore. Di conseguenza, i parametri acustici sono validi solo per le rispettive posizioni della sorgente sonora e dell'ascoltatore.

**DEFINIZIONE:**

La definizione è una **misura dell'intelligibilità di un diffusore**. Indica **quanto un altoparlante possa essere compreso da un ascoltatore** in una particolare poltrona di un auditorium.

RASTI:

Il RASTI (**Rapid Speech Transmission Index**) è una misura che indica la **qualità della trasmissione del parlato**. Viene utilizzato in riferimento ai sistemi di diffusione sonora, in quanto **tiene conto del rumore proveniente da fonti esterne** (rumori di fondo di una stazione ferroviaria) e **interne** (rumore degli amplificatori e la distorsione armonica degli altoparlanti) **al sistema di diffusione sonora**.

CHIAREZZA:

La chiarezza è una misura comparabile della **limpidezza del suono**. Si utilizza per ambienti di grandi dimensioni, come sale da musica da camera e sale da concerto.

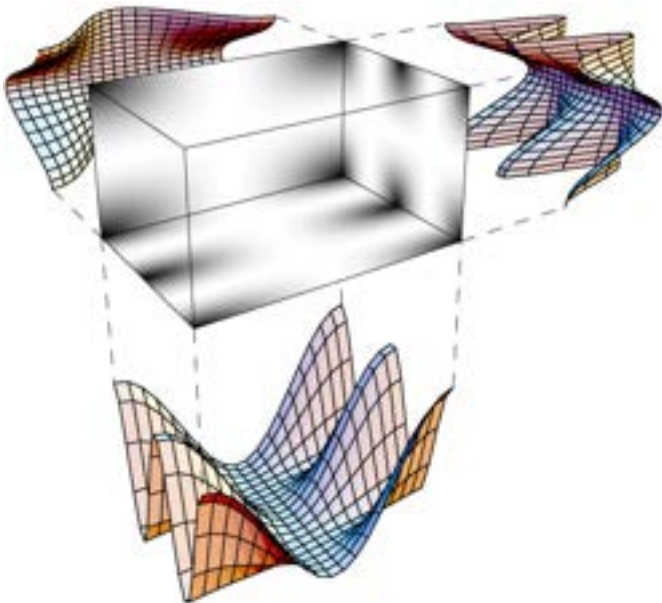
FRAZIONE LATERALE E RAPPORTO DEI BASSI:

La **frazione laterale** è legata alla **percezione spaziale del suono** in una sala da concerto e indica **quanto l'ascoltatore si senta avvolto dal suono**. Il **rapporto dei bassi** descrive il calore del suono.

EIGENMODES DELLA STANZA

Le frequenze alle quali si verificano risonanze ambientali e la loro distribuzione della pressione sonora dipendono dalla **geometria e dalle dimensioni della stanza**. Per le stanze rettangolari le frequenze proprie possono essere calcolate con una semplice formula. Per le stanze di altra forma, invece, è necessario ricorrere a metodi numerici che richiedono molto tempo.

Per ottenere una buona acustica è auspicabile che le **eigenfrequency** siano **distribuite in modo uniforme** e che non si verifichino accumuli in prossimità di una particolare frequenza.

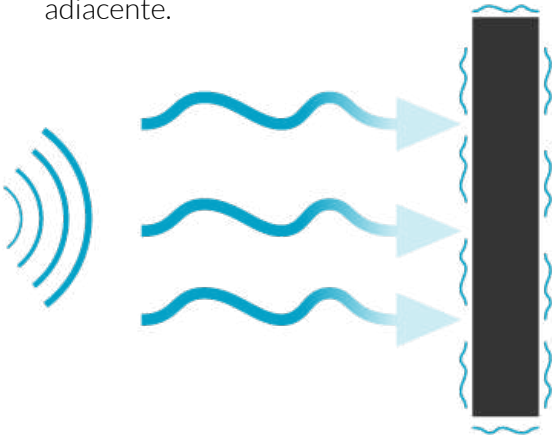


2 METODI DI CONTENIMENTO ATTUALI

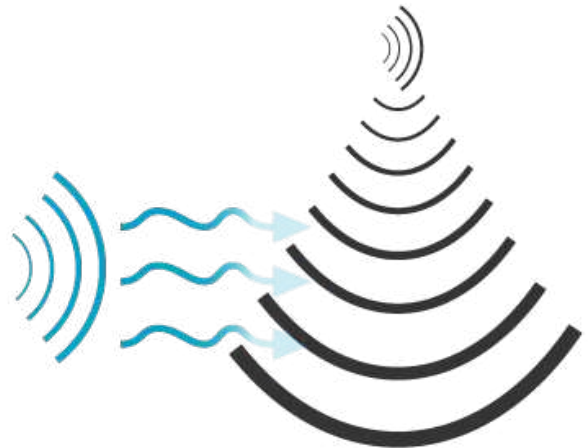
Create confidential spaces and take speech privacy to the next level, December 2021, By Rebecca A. Pinkus, MTPW, MA.

Uno dei metodi più efficaci per ottenere la privacy è l'utilizzo di un approccio chiamato **progettazione acustica bilanciata**. Si tratta di tre elementi chiave, spesso chiamati "**ABCs of Balanced Acoustical Design**". Se uno qualsiasi degli elementi manca o è sbilanciato, la privacy sarà compromessa. Si chiama **ABC** perché è composta da 3 pratiche:

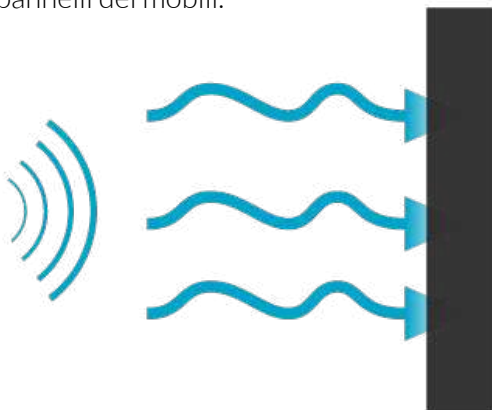
- A. **ASSORBIRE** il **suono all'interno di uno spazio**, utilizzando trattamenti acustici a **soffitto** e a **parete** ad alte prestazioni che impediscano l'accumulo di suoni indesiderati a causa di riflessioni o l'intrusione in una stanza adiacente.



- C. **COPRIRE** il **suono restante** con un sistema elettronico di **mascheramento acustico** uniformemente distribuito che può essere regolato per soddisfare la privacy vocale desiderata.

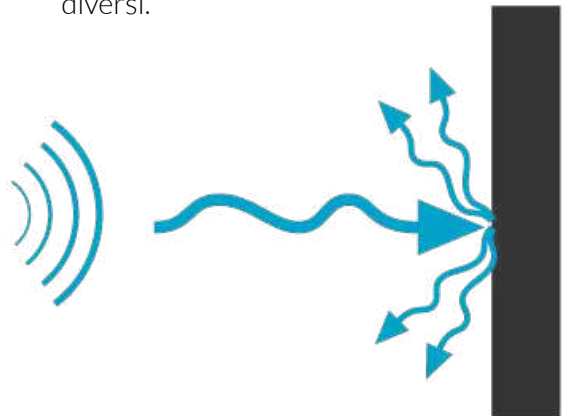


- B. **BLOCCARE** la **trasmissione del suono** tra gli spazi con una combinazione di soffitti ad alte prestazioni e un'efficace progettazione e disposizione delle pareti divisorie o dei pannelli dei mobili.



A questo "ABC", la presente ricerca ritiene sia corretto aggiungere anche una "D" di:

- D. **DIFFONDERE** riflettendo o diffrangendo **l'energia sonora** incidente verso percorsi diversi.



ASSORBIRE

Ford, R. D.; McGormick, M. A.: Panel Sound Absorbers. J. Sound Vib. 10 (1969), H. 3, S. 411-423.

Maa, D.-Y.: Microperforated-Panel Wideband Absorbers. Noise Control Engineering Journal 29 (1987), H. 3, S. 77-84.

Per assorbire vengono utilizzati principalmente materiali fonoassorbenti. In qualsiasi spazio progettato con superfici prevalentemente dure, l'aggiunta di **materiali morbidi** può ridurre drasticamente il livello di rumore nello spazio.

L'assorbimento si riferisce al processo per cui il **materiale fonoassorbente assorbe l'energia dell'onda sonora**, anziché rifletterla. In questo modo si riduce il livello di eco e di onde sonore che viaggiano all'interno dello spazio.

Sono per lo più prodotti **leggeri e morbidi**.

I prodotti fonoassorbenti **non sono l'ideale per chi vuole impedire al rumore di entrare o uscire dalla propria abitazione**. I prodotti per l'assorbimento acustico **non impediscono il passaggio del suono**, ma assorbono tutte le frequenze per migliorare le proprietà acustiche percepite dall'interno della stanza.

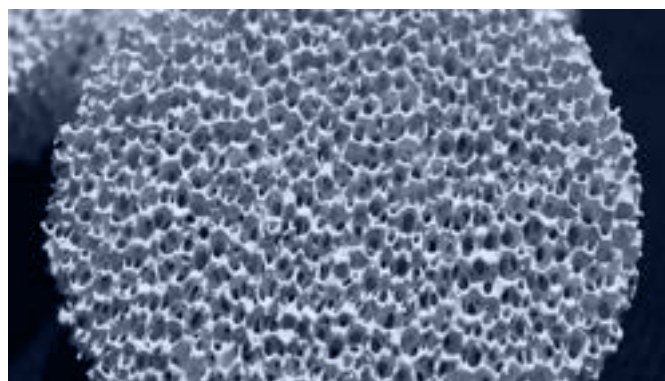
Tra le principali soluzioni ci sono **pannelli e nuvole per soffitti acustici, moquette**, oggetti e opere d'arte, **pareti divisorie e pannelli, deflettori, piante**.

L'assorbimento del suono è dovuto principalmente a **tre diversi meccanismi fisici**, tutti basati sulla **conversione dell'energia sonora in calore**.

ASSORBITORI POROSI

Negli assorbitori porosi **l'oscillazione delle particelle d'aria è rallentata dalla struttura porosa o fibrosa del materiale**. Di conseguenza, si **produce calore per attrito**. Un assorbitore poroso è un qualsiasi tipo di materiale poroso o fibroso, come tessuti, tappeti, schiume, lana minerale, intonaci acustici speciali e materiali lapidei porosi. Gli **assorbitori perimetrali** sono una forma speciale di assorbitori porosi. Se disposti ai **bordi di una stanza**, offrono **un'elevata efficienza alle basse frequenze**. Gli assorbitori porosi sono **molto efficaci nel rallentare le particelle d'aria con un'elevata velocità sonora**. Quando sono montati direttamente sulla parete, **devono quindi avere un certo spessore per assorbire le onde sonore fino a una certa frequenza limite inferiore**.

Se invece l'assorbitore viene **montato a una certa distanza dalla parete, il suo spessore può essere ridotto di conseguenza**. I produttori di controsoffitti acustici sfruttano questo effetto. Oltre alla distanza dalla parete, anche la resistenza al flusso del materiale è molto importante.



TESSILI:

Nell'acustica ambientale i tessuti svolgono un ruolo importante, sotto forma di tende o abiti. Le tende con una distanza dalla parete di circa 10 cm sono buoni assorbitori fino a una **frequenza inferiore di circa 125 Hz**. Questo, tuttavia, richiede che **non siano coperte da un rivestimento sintetico a tenuta d'aria**. Le tende **molto sottili che possono essere viste attraverso non assorbono nulla**. La loro resistenza al flusso è troppo bassa.



PILE:

La maggior parte dei **produttori di soffitti perforati** in **metallo, legno o cartongesso** utilizza uno speciale tessuto acustico, che offre una resistenza al flusso ottimale e soddisfa i requisiti di **protezione antincendio**. Se la parte perforata è alta, il pannello serve solo come supporto meccanico per il velo acustico. Se la porzione perforata è piccola, il pannello e il volume d'aria dietro di esso agiscono come un risonatore di Helmholtz. Nella maggior parte delle

costruzioni, il coefficiente di assorbimento può essere aumentato con uno **strato aggiuntivo di lana minerale**.



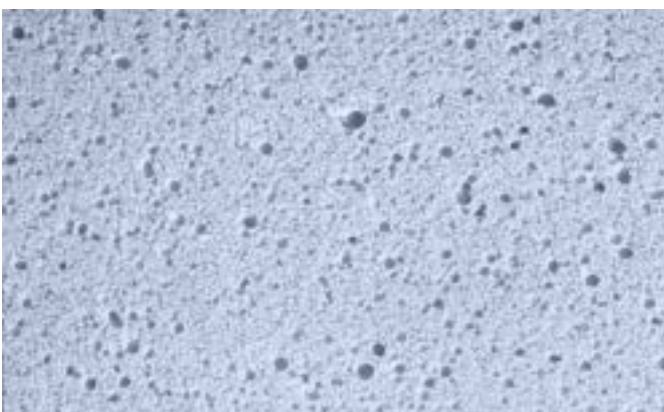
TAPPETI:

Poiché lo spessore dei tappeti **non supera quasi mai 1 cm**, essi assorbono **solo le alte frequenze a partire da circa 1 kHz**. I tappeti da soli **non sono quindi sufficienti** per ottenere una buona acustica. È necessario adottare misure aggiuntive per l'assorbimento delle frequenze più basse.



SCHIUMA:

La schiuma viene spesso utilizzata come **imbottitura dei mobili**, inserti nei **controsoffitti metallici**, come riempimento dei **pannelli assorbenti** o come **assorbitori di bordi**.



LANA MINERALE, LANA DI COTONE:

La lana minerale, sotto forma di **pannelli rigidi e pressati**, è spesso utilizzata nei **soffitti acustici**. In **forma sfusa**, la lana minerale è spesso utilizzata come **strato aggiuntivo su pannelli perforati** e per migliorare l'isolamento acustico di pareti interne leggere. In questa forma può essere **sostituita dal cotone idrofilo**.



INTONACO ACUSTICO:

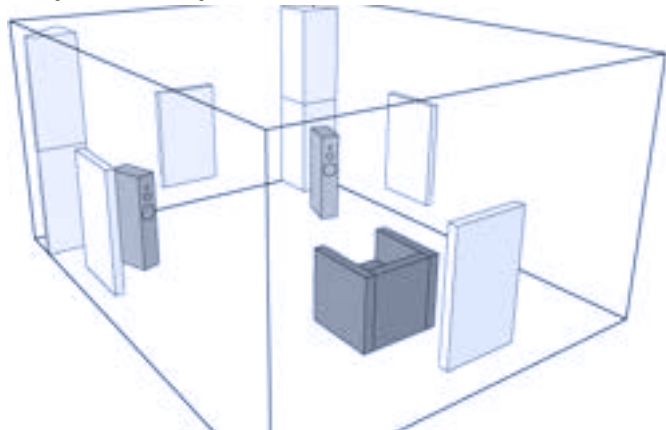
Il termine intonaco acustico si riferisce a intonaci speciali che vengono applicati in modo tale da formare **molte cavità interconnesse**. Un strato sottile di intonaco acustico è efficace solo per le alte frequenze, ma applicato su un materiale portante permeabile al suono montato a una certa distanza dalla parete, si può ottenere un buon coefficiente di assorbimento anche per le basse frequenze.



ASSORBITORI PERIMETRALI

Sono una forma speciale di assorbitori porosi. Il loro nome si riferisce alla loro posizione: ai **bordi** o agli **angoli di una stanza**. Offrono coefficienti di assorbimento **molto elevati alle basse frequenze**. Nello spazio antistante l'angolo la **velocità del suono aumenta** in modo significativo. Un assorbitore poroso che riempie questo spazio può essere utilizzato per smorzare efficacemente gli eigenmodes della stanza a bassa frequenza.

La frequenza limite inferiore di un assorbitore per bordi dipende principalmente dalle sue dimensioni. **Maggiore è la distanza dalla parete, minori sono le frequenze che può assorbire.**



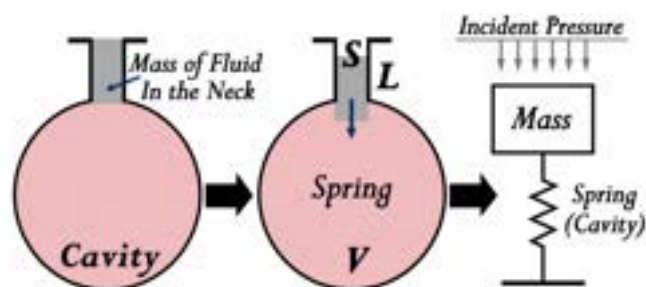
HELMHOLTZ RESONATORS

Nei risonatori di Helmholtz **l'aria nell'apertura del risonatore è eccitata in forti oscillazioni alla frequenza di una risonanza**. Come negli assorbitori porosi, si **produce calore per attrito**, poiché l'oscillazione delle particelle d'aria nell'apertura è rallentata dall'attrito. La difficoltà principale nella progettazione dei risonatori di Helmholtz consiste nel **regolare la resistenza di attrito al valore ideale**.

I risonatori di Helmholtz sono **sistemi acustici** costituiti da un **tappo d'aria oscillante collegato a un volume d'aria**. Esistono diverse forme di risonatori di Helmholtz: una bottiglia di vino vuota o il corpo di uno strumento a corda.

Come funzionano? **L'aria contenuta nella strozzatura** forma il cosiddetto **tappo d'aria**, mentre **l'aria contenuta nel resto della bottiglia** è il volume d'aria collegato. Il tappo d'aria ha una massa acustica che deriva dalla sua geometria e dalla densità specifica dell'aria. Esso poggia sul cuscino elastico formato dall'aria contenuta nel resto della bottiglia. Insieme **formano un sistema oscillante con una specifica frequenza di risonanza** che può essere

facilmente eccitata, come è noto, soffiando attraverso l'apertura della bottiglia.



I risonatori di Helmholtz sono spesso utilizzati per amplificare il suono. Negli strumenti a corda, ad esempio, l'energia sonora emessa dalla vibrazione delle corde da sola non sarebbe assolutamente sufficiente. Solo quando le corde sono collegate al corpus con le sue aperture è possibile ottenere un volume sufficiente.

Per **evitare che un risonatore di Helmholtz amplifichi il suono e lo assorba**, l'aria che oscilla nell'apertura deve essere rallentata dall'attrito. Questo si ottiene solitamente con un **sottile materiale in pile incollato sul retro dell'apertura**, a volte con uno strato aggiuntivo di lana minerale o schiuma.

RIVESTIMENTI PERFORATI DI PARETI E SOFFITTI:

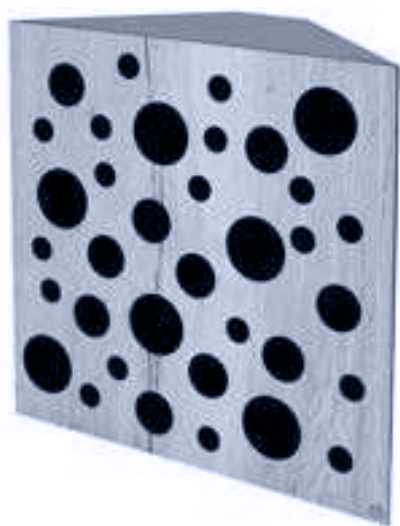
Probabilmente l'applicazione più comune del risonatore di Helmholtz sono i **controsoffitti** o i **rivestimenti delle pareti** realizzati in metallo perforato, legno o cartongesso. L'aria contenuta nei numerosi fori dei pannelli oscilla di fronte al volume d'aria racchiuso tra i pannelli e il soffitto o la parete. Questi sistemi sono sintonizzati in modo tale che diverse frequenze di risonanza si trovino

l'una accanto all'altra e si possa ottenere un assorbimento su un'ampia banda di frequenze.



COSTRUZIONI SPECIALI DA UTILIZZARE COME ASSORBITORI DI BASSI:

I risonatori di Helmholtz possono essere utilizzati anche per smorzare i **singoli eigenmode di una stanza che si sviluppano alle basse frequenze**. Per ottenere una bassa frequenza di risonanza, è necessario un **volume relativamente grande con una o poche aperture**.



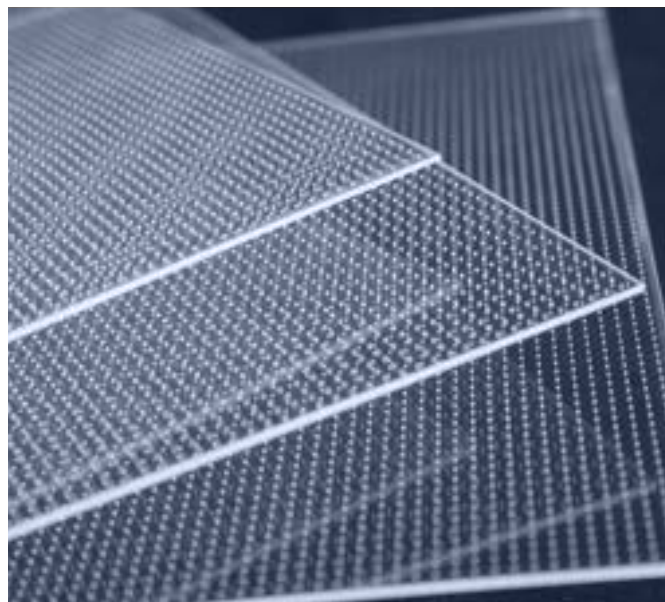
ASSORBITORI MICROFORATI

Gli assorbitori microforati sono **un'altra forma di risonatori di Helmholtz**. Sono caratterizzati da una **moltitudine di piccoli fori** (con un raggio inferiore a 1 mm) e da una **bassa perforazione** (meno del 4%). Poiché l'attrito tra le particelle d'aria e le pareti dei fori è sufficientemente elevato, **non è necessario**

riempire i fori con materiale poroso aggiuntivo. Ciò significa che gli assorbitori microforati **possono essere realizzati anche in materiale trasparente, come il vetro acrilico**.

Gli assorbitori microforati sono costituiti da una **piastra perforata** con una moltitudine di piccoli fori disposti **davanti a un volume d'aria chiuso**. Quando viene eccitata da un'onda sonora, la massa d'aria nei fori oscilla davanti al volume d'aria elastico. Si tratta quindi di un sistema acustico massa-molla che funziona secondo il principio del risonatore di Helmholtz.

Gli assorbitori microforati sono **efficaci in una banda di frequenze relativamente ampia**. La porzione perforata della loro superficie aggiunge solo pochi punti percentuali e non è necessaria alcuna resistenza di attrito aggiuntiva. L'assorbimento è interamente dovuto all'attrito viscoso dell'aria nei fori. Ha origine nel rispettivo strato limite acustico, cioè nell'area in cui cambia il profilo di velocità. I fori degli assorbitori microforati sono così piccoli che questo strato limite si estende sull'intera sezione trasversale dei fori. La conducibilità termica del materiale della piastra è importante, perché una **parte significativa del calore di attrito generato nell'aria viene trasportato dalla piastra**.

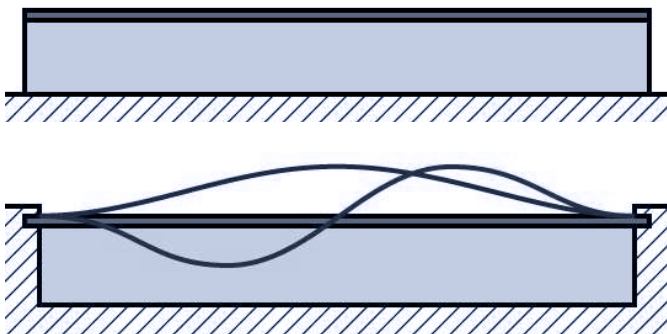


ASSORBITORI A PANNELLO

Gli assorbitori a pannello sono un'altra forma di sistemi oscillanti risonanti. Un **pannello piatto** (in legno, metallo, cartongesso o materiale plastico) con una **superficie chiusa** viene **fissato davanti a un volume d'aria** in modo tale che **qualsiasi suono aereo che colpisce la sua superficie provochi l'oscillazione del pannello**. Alle frequenze proprie di questo sistema oscillante, **l'ampiezza dell'oscillazione è elevata**. L'oscillazione del pannello è smorzata dall'attrito tra le molecole del materiale del pannello. Pertanto, **l'energia sonora viene prima convertita in energia di oscillazione del pannello** e solo successivamente **in calore**. Per ottenere un'efficienza ottimale, la maggior parte degli assorbitori a pannello richiede un ulteriore smorzamento dello spazio d'aria dietro il pannello per mezzo di **lana minerale** o **materiale espanso**.

Se il pannello è incollato su tutta la sua superficie a uno strato di schiuma situato di fronte a una parete rigida, il pannello nel suo complesso può oscillare sulla molla formata dallo strato di schiuma. La frequenza di risonanza del pannello assorbente può essere calcolata in base alla **massa del pannello e alla rigidità della molla formata dallo strato di schiuma**. **Più pesante è il pannello e più morbido è lo strato di schiuma, più bassa è la frequenza di risonanza**.

Se il **pannello viene bloccato** in qualche modo, non sarà più in grado di muoversi nel suo complesso, ma potrà solo eseguire **oscillazioni di flessione**. Grazie a un'abile regolazione, molte delle possibili risonanze possono essere disposte l'una accanto all'altra e smorzate nel modo migliore per creare un assorbitore di bassi efficace su una banda di frequenze relativamente ampia.



BLOCCARE

I **materiali fonoimpedente** (soundproof) riducono il livello del suono che **entra o esce dalla stanza bloccando le onde di frequenza prima che raggiungano le orecchie**.

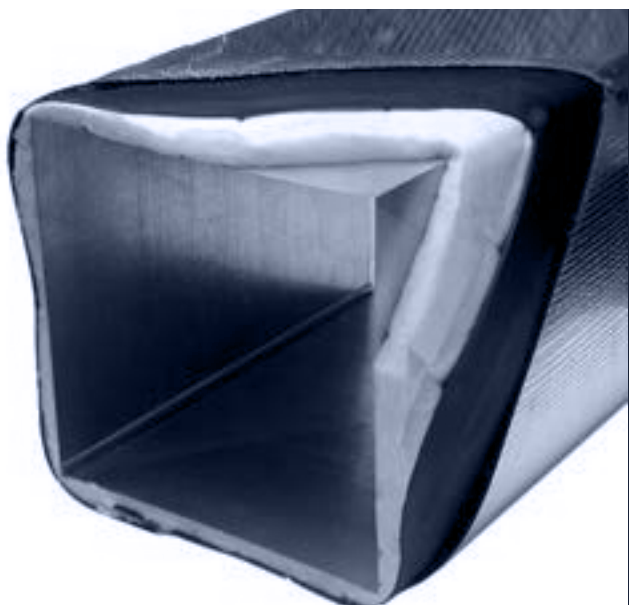
I materiali realizzati per bloccare il suono sono spesso **pesanti e robusti**, materiali **densi** in grado di **riflettere il suono e di contenerlo** efficacemente in uno spazio.

Il vinile caricato in massa, ad esempio, fornisce una barriera acustica sostanziale tra il rumore creato internamente ed esternamente alla stanza.

Il sound blocking è spesso la soluzione appropriata per gli studi musicali e televisivi che vogliono proteggere le loro registrazioni da suoni indesiderati. Le sale cinematografiche investono spesso molto in materiali fonoimpedenti, in quanto consentono di proiettare più film in più sale senza che il suono si propaghi nelle aree vicine.

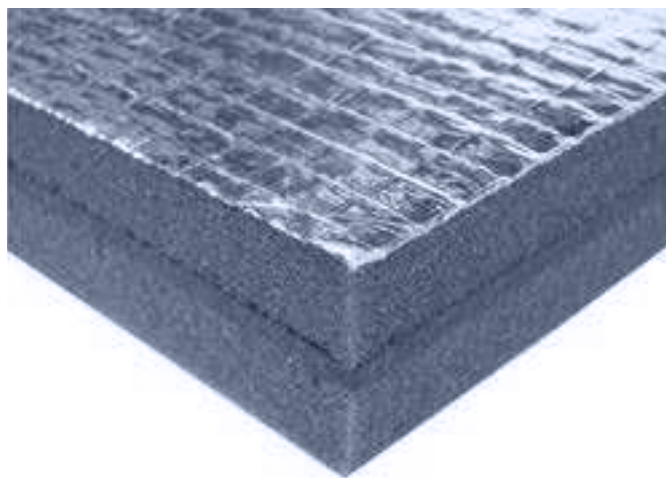
COMPOSITI IN FIBRA DI VETRO

I compositi in fibra di vetro sono in genere una combinazione di una **coperta isolante in fibra di vetro** e di un rivestimento in film di poliestere rinforzato. Sono spesso utilizzati per attutire il **rumore di tubature o sistemi HVAC rumorosi**.



COMPOSITO DI SCHIUMA

I compositi in schiuma sono generalmente una combinazione di uno **strato di pellicola di poliestere** e di **diversi strati di schiuma di spessore variabile**. La varietà di schiume utilizzate consente di **assorbire il suono a tutte le frequenze multiple e, in alcuni casi, di ridurre il rumore delle vibrazioni**. Le schiume composite sono spesso utilizzate in modo efficace negli studi musicali e nei poligoni di tiro.



ISOLAMENTO ACUSTICO

L'**isolamento in cotone ad alta densità** è spesso utilizzato per **laboratori personali, home theater e uffici**.



DIFFONDERE

Schroeder, M. R.: Diffuse sound reflection by maximum-length sequences. *J. Acoust. Soc. Am.* 57 (1975), H. 1, S. 149-150.

Hunecke, J.; Zha, X.: Akustische Eigenschaften von Diffusoren aus mikroperforierten Streifen. *Rundfunktechnische Mitteilungen* 42 (1998), H. 1, S. 1-12.

Nell'acustica ambientale la diffusione del campo sonoro all'interno di una stanza viene spesso aumentata per mezzo di speciali strutture murarie. La struttura di un diffusore è progettata per **deviare il più possibile l'energia sonora riflessa** dalla direzione della riflessione geometrica e **distribuirla in altre direzioni**. Inoltre, si fa attenzione a coprire uniformemente un'ampia gamma angolare.

Fondamentalmente, le riflessioni sonore diffuse possono essere ottenute in due modi, ovvero con **strutture tridimensionali** o con **superfici con impedenza di parete a reazione locale**. L'impedenza della parete è il rapporto tra la pressione sonora e la velocità del suono sulla superficie della parete. Quando due materiali con un effetto acustico diverso sono adiacenti, una parte dell'onda incidente viene dispersa in modo diffuso.

Poiché la **diffusione** è un **fenomeno ondulatorio**, le dimensioni delle strutture tridimensionali devono essere dell'ordine di **grandezza della lunghezza d'onda del suono da diffondere**.

SUPERFICI DALLA STRUTTURA GEOMETRICA

Semicilindri, prismi o forme simili possono essere utilizzati per costruire **superfici dalla struttura geometrica** speciale. Le strutture geometriche **riflettono diffusamente il suono incidente se le loro dimensioni sono dell'ordine di grandezza della lunghezza d'onda del suono**.

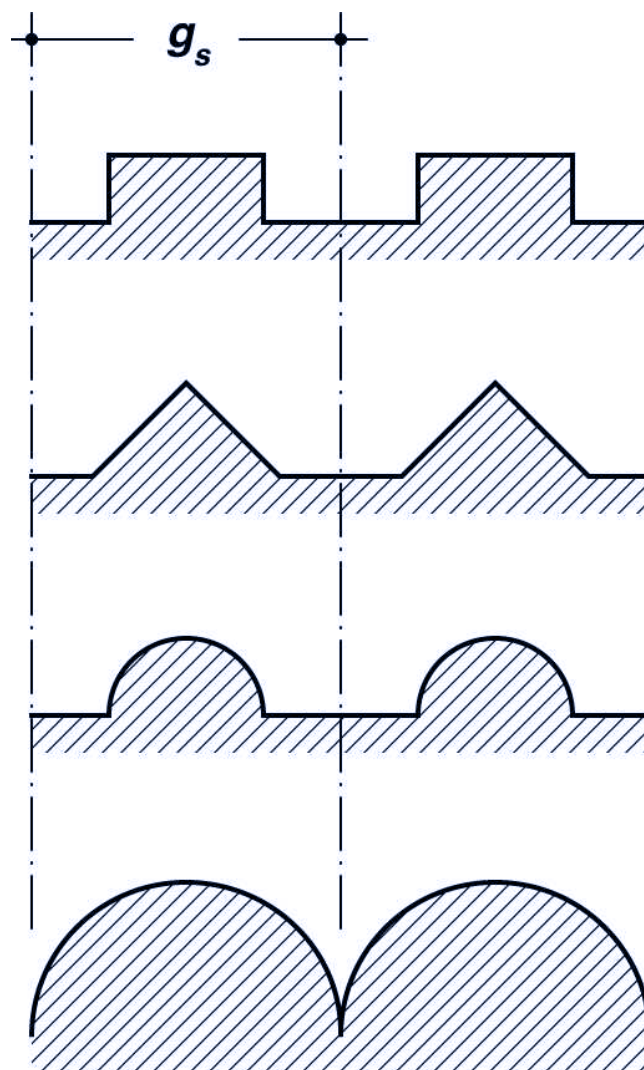
I **piccoli bastoncini di legno contenuti in una carta da parati a grana grossa**, ad esempio, hanno uno spessore di circa 1 mm. Una lunghezza d'onda di 1 mm corrisponde a una frequenza di 340 kHz, quindi la riflessione diffusa avverrà solo nella gamma di frequenze ultrasoniche.

1mm = 340kHz
1cm = 34kHz

Oltre **all'altezza** delle irregolarità superficiali, anche la loro **lunghezza e larghezza** sono importanti.

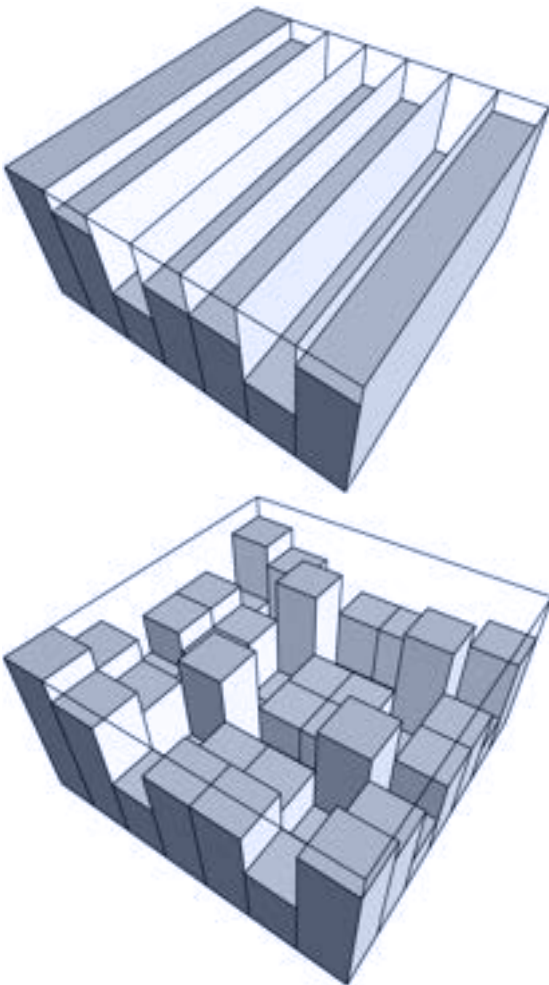
Meyer e Bohn hanno studiato il coefficiente di diffusione di strutture rettangolari, prismatiche e cilindriche. Fasold, Sonntag e Winkler forniscono una buona sintesi dei risultati. Le strutture possono essere realizzate, ad esempio, con **listelli o fogli piegati**. La figura a sinistra mostra le loro sezioni trasversali. Purtroppo, **l'efficacia delle strutture come superfici riflettenti diffuse è limitata** a un intervallo di frequenze piuttosto ristretto. Per le **strutture rettangolari è ancora più piccola** di quella delle strutture cilindriche o prismatiche.

Meyer, E.; Bohn, L.: Schallreflexionen an Flächen mit periodischer Struktur. *Acustica* 2 (1952), Beiheft 4, S. 195-207.



DIFFUSORI DI RESIDUI QUADRATICI

I diffusori a residui quadratici appartengono ai cosiddetti **diffusori pseudo-stocastici**. Sono anche chiamati **diffusori di Schroeder**, secondo il loro inventore. Sono costituiti da singoli **pozzi di diversa profondità separati da una parete sottile**. Il materiale utilizzato per costruire la struttura deve essere **rigido**, come **legno, metallo o pietra**. Esistono diffusori mono e bidimensionali. I diffusori monodimensionali disperdono il suono solo nel piano perpendicolare ai pozzi, mentre i diffusori bidimensionali disperdono il suono proveniente da qualsiasi direzione. **Maggiore è il numero di pozzetti, maggiore è la gamma di frequenze in cui il diffusore è efficace**. Più i pozzetti sono profondi, minore è la frequenza limite inferiore alla quale il suono viene ancora riflesso in modo diffuso.

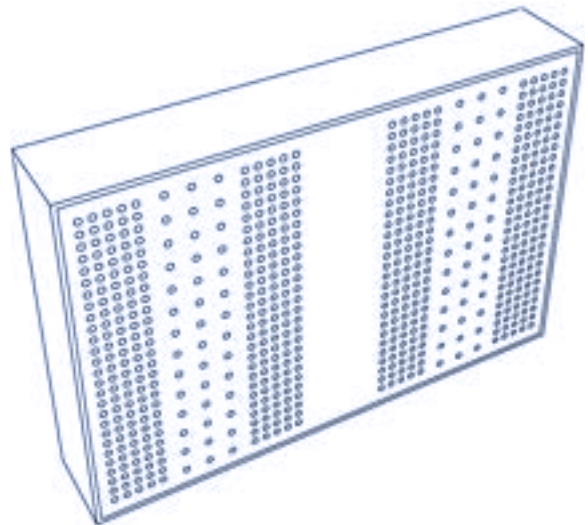


DIFFUSORI MICROFORATI (MPD)

Esistono **diffusori microforati** in cui i pozzetti rigidi dei diffusori Schroeder sono sostituiti da **strisce di risonatori microforati**.

I diffusori microforati (MPD) sono costituiti da **singoli risonatori microforati a forma di striscia adiacenti, sintonizzati su frequenze di risonanza diverse**. In questo modo si creano aree adiacenti con diversa impedenza di parete che diffondono le onde incidenti in modo diffuso.

Le caratteristiche di diffusione dei diffusori microforati sono **leggermente peggiori** rispetto a quelle dei diffusori Schroeder associati, ma la **profondità di fabbricazione necessaria è notevolmente inferiore**. Possono essere realizzati in molti materiali diversi, compreso il vetro acrilico.



3 SOLUZIONI E PRODOTTI PRESENTI SUL MERCATO

È stata condotta una ricerca sui prodotti e le soluzioni esistenti sul mercato per capire in che modo queste si differenziano tra di loro e come ovviano a queste necessità.

Attualmente il mercato presenta una moltitudine di soluzioni. Molte di queste sono inevitabilmente simili tra di loro, ma i punti di forza su cui tendono a differenziarsi in base a: Forma, Materiale, Senso estetico, Adattabilità.

Si possono facilmente individuare due macrocategorie sulla base delle sopracitate caratteristiche:

Prodotti che definiremo tecnici e prodotti che definiremo “di design”.

PRODOTTI TECNICI:

Si presentano come prodotti ad alta prestazione, facendo di questa la loro forza, tralasciando la qualità estetica che evidentemente ne risente. Sono infatti prodotti difficili da collocare o da nascondere tra gli interni, mimetizzandoli, ad esempio, tra gli elementi di arredo. Questo li rende tendenzialmente prodotti meno accoglienti, più freddi che non cercano di mascherare la loro funzione in alcun modo.

L'aspetto tecnico è dato non solo da come si presenta la parte assorbente o bloccante in sé, ma anche dalla struttura che è quasi sempre in vista.

Principalmente si mostrano come semplici pannelli spugnosi o rigidi con strutture metalliche semplici. L'unica soluzione usata da alcuni competitors per renderli un minimo più accoglienti esteticamente è l'applicazione di stampe colorate di immagini o monocromatiche sulla parte del pannello. Questa soluzione, in buona parte dei casi analizzati, li fa apparire come prodotti di scarsa qualità.

I produttori sono aziende specializzate nella produzione di prodotti tecnici fonoassorbenti o fonoimpedenti, il cui target sono principalmente aziende e imprese edilizie e di costruzione. Questo perché vengono venduti come prodotti industriali adatti a grandi impianti o ambienti.

Sono molto spesso usati anche all'interno di palazzetti o campi sportivi chiusi e, per via del loro prezzo, sono spesso preferiti da commercianti, ristoratori o proprietari di locali per i loro ambienti. In quest'ultimo caso si ripresenta fortemente il problema estetico.

In genere il loro punto di forza sono i materiali ed il prezzo.

Molto spesso sono prodotti con materiali di riciclo

e l'unica prestazione richiesta dipende dalla loro morbidezza o rigidità.

L'uso del materiale adatto diventa ancora più efficace nel momento in cui questo è accompagnato dalla giusta forma.

PRODOTTI “DI DESIGN”:

Si presentano come soluzioni che fanno dell'estetica e della loro versatilità il loro punto di forza. Sono prodotti più adatti a progetti di interni, che spesso mascherano bene la loro funzione, presentandosi come prodotti più accoglienti e quindi anche più facili da accettare all'interno di uno spazio abitativo e non. A renderli esteticamente più accoglienti sono le forme, sia della struttura che del pannello, o i rivestimenti utilizzati. Anche i colori giocano un ruolo importante in questo.

In buona parte dei casi le performance del prodotto sono simili a quelle dei prodotti tecnici, ma ci sono diversi casi in cui questa ne risente in favore della qualità estetica.

Questi prodotti sono per lo più prodotti e venduti da studi di design, grandi o piccoli. Questo legame con i marchi è uno dei motivi principali per il quale questi hanno un prezzo nettamente maggiore rispetto ai prodotti tecnici. In alcuni casi diventano dei veri e propri prodotti di lusso.

Il target dei produttori sono designer, architetti o figure professionali che si occupano di interni e allestimento, proprietari di locali o ambienti interni quali ristoranti, uffici, hotel, biblioteche, ecc.

L'aspetto positivo da tenere maggiormente in considerazione in questo tipo di prodotti è la loro versatilità, sia in termini di funzionalità che di modalità d'uso.

Spesso sono prodotti modulari, con i quali è possibile ottenere molteplici configurazioni e dunque adattarli a diverse situazioni o condizioni.

Molti di questi aggiungono ulteriori funzionalità al prodotto in sé, in modo da accrescerne l'utilità anche il valore del prodotto. Nella maggior parte dei casi è la luce la funzione prediletta, probabilmente perché rende il prodotto più accogliente.

Questo diventa molto utile, soprattutto in termini di accettazione del prodotto all'interno di ambienti in cui non è usuale o consuetudine avere prodotti acusticamente isolanti.

All'interno della precedente suddivisione, sono stati individuati diversi tipi di prodotti e sistema che hanno l'obiettivo di trattare il tema acustico.

PANNELLI A MURO

WOOD WOOL TILES - BAUX

<https://www.baux.com/acoustic-products/wood-wool/tiles/>

Acoustic Wood Wool Tiles è un **materiale riciclabile** composto da **lana di legno**, cemento e acqua, disegnato dall'azienda BAUX che si occupa di produzione di pannelli acustici.

Le piastrelle acustiche in lana di legno BAUX sono disponibili in **9 forme**: quadrato, quarto di cerchio, cerchio, rettangolo, tavola, parallelogramma, triangolo, esagono e pixel 3D. Questa varietà di moduli permette di comporre pareti con trame disegnate direttamente dalla forma dei pannelli stessi.

L'azienda ha costruito una libreria con oltre **600 combinazioni di pattern**.

La lana di legno **immagazzina il calore dell'aria** ambiente e lo emettono quando la temperatura dell'aria si abbassa. Ciò contribuisce a ridurre i costi energetici, l'impatto ambientale e un clima stabile e confortevole negli ambienti interni.

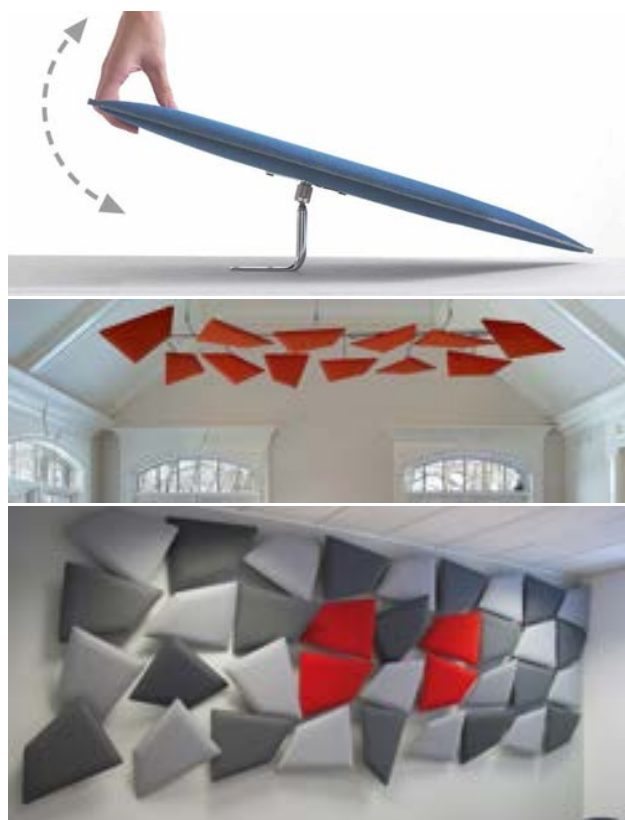


FLAP - CAIMI

<https://www.caimi.com/prodotti/flap-maxi-flap-pannelli-fonoassorbenti/>

Progettato da Alberto e Francesco Meda, Flap è un prodotto dalla grande forza estetica che può dar vita ad infinite **composizioni sempre differenti**. Questo permette al pannello ed al suo sistema modulare brevettato, di essere applicato a **Parete, Soffitto, su Totem**, ecc.

I pannelli Flap sono dotati nella parte posteriore di una **piastra in acciaio cromato collegata mediante uno snodo sferico articolato ad un braccio in acciaio cromato** che può essere **fissato direttamente a parete o a soffitto**. Lo snodo permette di **ruotare il pannello di 360° e di inclinarlo in tutte le direzioni** per personalizzare sia gli aspetti estetici del prodotto che quelli di resa acustica.



MORSE - GREENMOOD

<https://greenmood.fr/en/morse>

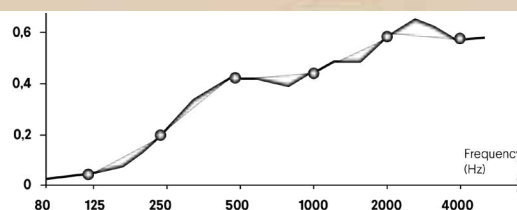
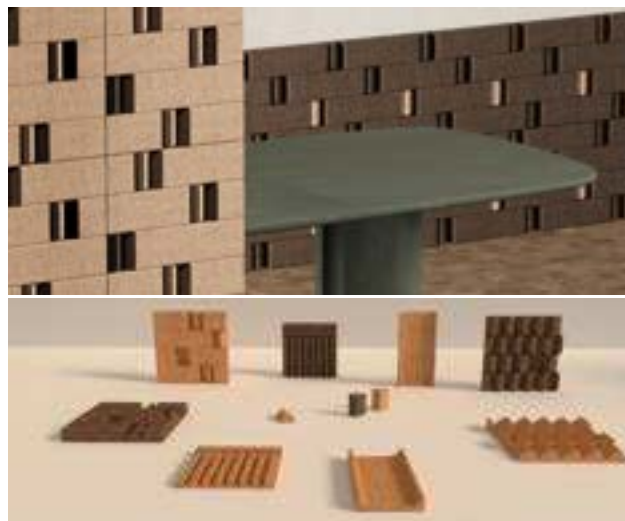
Piastrelle in sughero ispirate ai **simboli del codice Morse**.

Usando lati lunghi, piatti, angoli corti, ecc. è possibile ottenere differenti conformazioni disegnando pattern, scrivendo codici o forme astratte.

La **finitura opaca diffonde la luce in modo morbido**, riducendo l'abbagliamento e creando un effetto di illuminazione calda e ambientale.

Il sughero ha eccellenti proprietà acustiche, assorbendo e smorzando i suoni provenienti dall'edificio e dai suoi occupanti.

È pensato per ambienti come gli **uffici** o le **biblioteche**.



PANNELLI A SOSPENSIONE

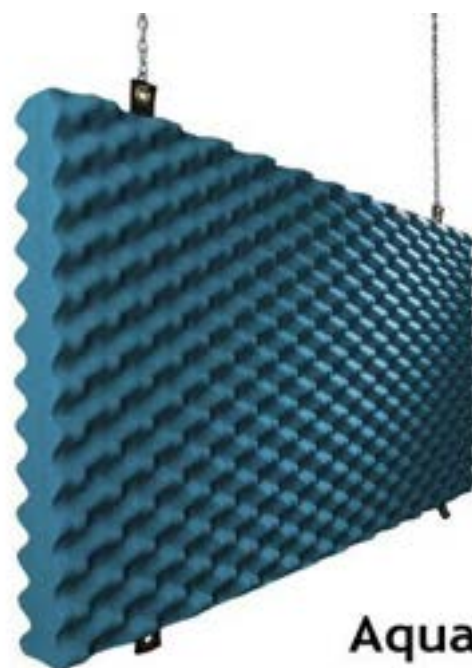
UDDERLY QUIET™ ANECHOIC HANGING BAFFLE - SOUNDPROOF COW

<https://www.soundproofcow.com/product/udderly-quiet-anechoic-hanging-baffle-3-case-of-5/>

È un assorbitore in **schiuma fonoassorbente** da soffitto. È un prodotto tecnico di **SoundproofCow**, un'azienda americana.

L'elemento su cui l'azienda punta con questi prodotti è il **materiale**, quindi la schiuma, e le sue **caratteristiche fonoimpedenti o fonoassorbenti**. L'installazione richiede **cinghie con occhielli** incluse, **ganci a S** e una **semplice catena**.

I pannelli hanno un spessore minimo di **7/8cm**.



BUZZIPLEAT - BUZZISPACE

<https://www.buzzi.space/acoustic-solutions/buzzipleat>

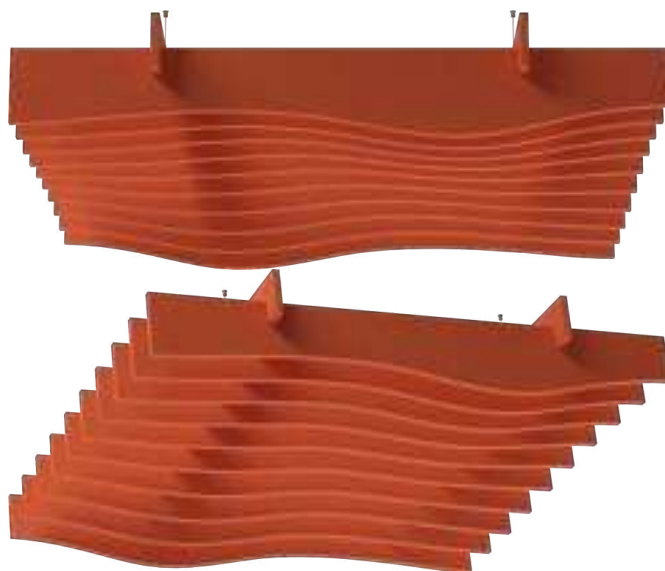
È una collezione di **pannelli acustici in feltro** disponibile in due varianti formali differenti per il tipo di piega del tessuto. **Installabili a parete e a sospensione** con **illuminazione opzionale**. BuzziPleat è composto in BuzziFelt, ossia un **materiale in feltro derivante da materiali riciclati**. Ogni prodotto viene plissettato e **cucito a mano**. Ci vogliono oltre **2 ore per creare ogni prodotto**. Le ampie pieghe intrappolano i toni medi e bassi per evitare che le onde sonore rimbalzino tra le superfici dure



WAVE MODULAR - IMPACT ACOUSTIC

<https://impactacoustic.com/en/products/ceiling-baffles/wave-modular>

Ispirandosi alle leggi della natura e ad un **algoritmo che replica l'andamento delle onde dell'oceano**, Wave è un pannello da soffitto in ARCHISONIC, un assorbitore acustico sostenibile ad alte prestazioni realizzato con bottiglie di plastica riciclate, certificato Cradle to Cradle e accreditato LEED. La composizione è dunque **PET 100%**.



PARETI DIVISORIE

KIVO - HERMAN MILLER

<https://www.hermanmiller.com/video-gallery/kivo/>

È un divisorio ufficio fonoassorbente modulare. Kivo consente di creare diversi spazi all'interno dell'ufficio.

La combinazione di uno scheletro **di acciaio** leggero con semplici **piastrelle magnetiche** consente di spostare e riconfigurare il sistema con semplicità. Il delicato scheletro in **acciaio lucido** crea un telaio solido e resistente, mentre le **piastrelle in feltro** aggiungono un **elemento tattile alla struttura**.



SCALE - LAYER

<https://layerdesign.com/project/scale/>

Scale è un sistema acustico **stand-alone modulare** adattabile allo spazio.

'Scale' può essere utilizzato in spazi commerciali, centri congressi e altri interni che richiedono una separazione acustica.

Le piastrelle da 330 mm x 330 mm hanno un'ampia superficie assorbente.

La struttura si aggancia in modo intuitivo grazie a un sistema di **bulloni polimerici** e le **piastrelle si agganciano semplicemente alla struttura** grazie a **fissaggi magnetici**.



LUCI

DRIADE - LUCEPLAN

<https://www.luceplan.com/it/prodotti/diade-sospensione>

È una lampada a sospensione di Luceplan progettata da Monica Armani.

Presenta una lampada a LED lineare, adatta ai luoghi di lavoro. A questa vengono poi accoppiati **2 pannelli fono-assorbenti pieghevoli stampati in PET**.

Questi possono essere posizionati in verticale o orizzontale, creando un **separè** o un **grande plafone**. Diventa quindi un elemento architettonico modulare capace di definire lo spazio e personalizzare l'ambiente.



SILENZIO - LUCEPLAN

<https://www.luceplan.com/it/prodotti/silenzio-sospensione>

È una lampada a sospensione di Luceplan progettata da Monica Armani.

Presenta una **struttura in alluminio**, con un pannello **fonoassorbente coperto da tessuto**.

Il tessuto le d conferisce un aspetto morbido e accogliente. Perfetta per ambienti come ristoranti, locali di co-working, biblioteche, in cui si cerca di creare un ambiente confortevole e familiare.



MOBILI

WINDOWSEAT - HAWORTH

<https://www.haworth.com/na/en/products/lounge-sofas-ottomans/windowseat.html>

Una poltrona lounge con tettuccio che offre uno spazio di privacy visiva e acustica per le telefonate o le interazioni individuali in ambienti affollati. Lo spazio tra lo schienale e il tettuccio **evita la sensazione di chiusura** e mantiene la circolazione dell'aria.

La struttura è in legno, imbottita e ricoperta da tessuto infeltrito.



REWRITE DESK - LIGNE ROSET

<https://www.ligne-roset.com/en/p/desks-and-secretaires/desk-rewrite-1255>

La scrivania Rewrite disegnata da GamFratesi è caratterizzata dalla **bolla insonorizzata che protegge dalla luce e dai rumori esterni**, attutendo inoltre i suoni provenienti dall'interno.

Gambe in noce massello e piano in MDF impiallacciato in noce. La bolla-schermatura in fibra di vetro, rivestita in polietere espanso non infiammabile e lana Divina sulle due facce interna ed esterna. Cassettino in acciaio laccato bianco, che dissimula trasformatori e cavi, posizionato sotto al piano. Comprende anche una feritoia passacavi.

La sua forma arrotondata la rende adatta ad ogni angolo nella stanza, salotto, camera o nell'ingresso, con la possibilità di isolarsi e costruirsi uno spazio totalmente privato, ma al contempo connesso col mondo.



GREENWALL

STÜCKI BUSINESS PARK

<https://www.jakob.com/ie/en/references/stuecki-business-park>

Lo Stücki Park ha trasformato un quartiere in disuso in Svizzera in 6000 metri quadrati di uffici, un hotel con 140 camere e un centro commerciale a due piani.

La cosa interessante sono le facciate su cui sono realizzati 2 greenwall con **2 tecniche diverse**.

Su una facciata sono stati collocati una serie di **contenitori di piante su ogni livello dell'edificio** per creare una superficie verde orizzontale.

Sulla facciata nel retro dell'edificio, è stata costruita una griglia di **funi metalliche** incrociate che si estende dal livello del suolo attraverso scale in acciaio fino al bordo del tetto. Questa rete di **funi sostiene una tenda verde di rampicanti**.



A SENSITIVE WALL

<https://asknature.org/innovation/solutionsgallgreen-noise-barrier-and-sunshade-inspired-by-torrent-frogs-mimosa-leaves-and-desert-snails/>

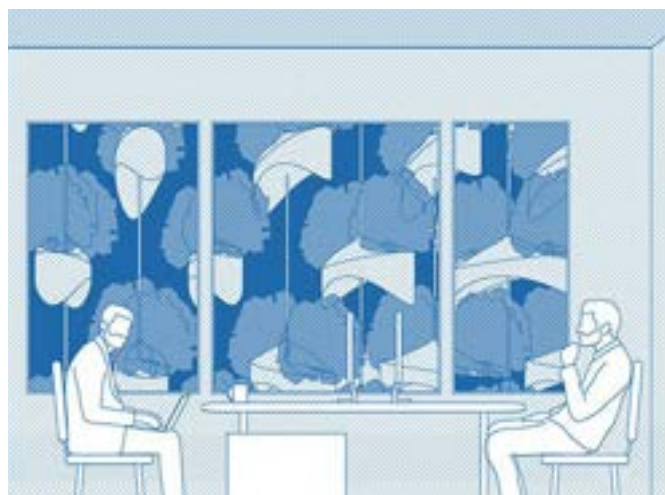
Un sistema di barriera antirumore e frangisole verde che mira a migliorare le condizioni di vita nelle città fornendo un sistema dinamico di isolamento acustico naturale e un'elevazione del verde nei paesaggi urbani.

Si sono ispirati alle **orecchie delle Rane del torrente** che si **chiudono** per proteggersi dai rumori, per sviluppare un sistema che **rispondesse ai suoni**.

Come sistema di sensori-deformazione si sono ispirati alla **mimosa** e al suo modo di **chiudere le foglie in base alla luce solare e al movimento**.

La forma, il materiale e il colore dei vasi sono stati ispirati dalla **lumaca del deserto**, che si adatta all'ambiente caldo e secco. Il guscio della lumaca **riflette il 95%** della radiazione solare e riduce l'evaporazione, permettendo alla lumaca di sopravvivere.

I vasi a imbuto sono realizzati in plastica rinforzata con fibre e permettono di risparmiare sull'irrigazione.



TENDE

ACOUSTICAL BLINDS - SOUNDELITE®

<https://soundmanagementgroup.com/products/acoustical-blinds/>

Le superfici vetrate del vetro riflettono il suono, creando distorsioni e problemi di rumore. Le tende acustiche SoundElite® offrono prestazioni senza precedenti e **assorbono l'80% delle frequenze del parlato articolato (500, 1000 e 2000 Hz)**. In posizione aperta, le tende acustiche SoundElite® assorbono il 35% delle frequenze del parlato articolato.



ACOUSTIC BLINDS - TEXAA

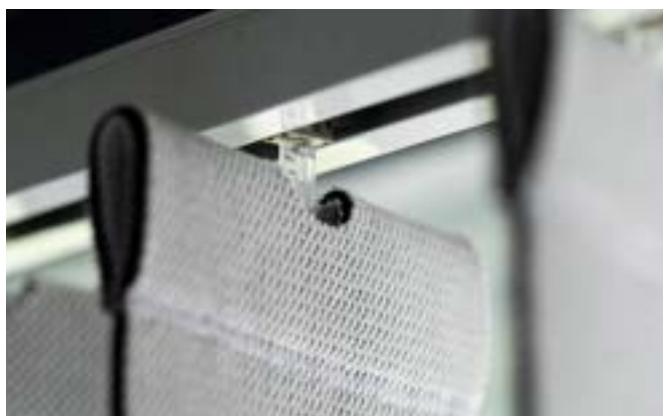
<https://texaa.com/produit/stores/>

combinano le qualità di occlusione della luce, termiche e acustiche. Appese davanti a una superficie vetrata, assorbono la risonanza e filtrano la luce.

Le tende acustiche Texaa sono realizzate in **feltro di 3 mm di spessore, protetto su entrambi i lati dal tessuto fonotrasparente Aeria**.

Una piastra di aggancio è nascosta in un orlo nella parte superiore di ogni lamella, senza pesi.

Le lamelle della tenda vengono semplicemente agganciate alle guide del binario.



DPI

QUIET - LOOP EARPLUGS

<https://www.loopearplugs.com/products/quiet>

Auricolari di Loop Earplugs capaci di **ridurre il rumore fino a 26dB**.

Progettate in **silicone flessibile**, sono adatte all'uso diurno e notturno.

Smontabili e facili da usare.

La loro forma e l'anello di silicone si adattano perfettamente all'orecchio e **non danno fastidio durante il sonno**.



ZONE - DYSON

<https://www.dyson.it/cuffie/zone>

Cuffie antirumore e per l'ascolto progettate da Dyson.

Otto microfoni con cancellazione attiva del rumore monitorano i suoni circostanti 384 mila volte al secondo, neutralizzando i rumori di sottofondo. Il doppio microfono e la tecnologia di cancellazione del rumore consentono chiamate vocali chiare.

I driver dell'altoparlante al neodimio da 40mm e 16-ohm sono il core del sistema audio, per garantire un'ampia gamma di frequenze e una maggiore chiarezza su bassi, medi e alti.

La geometria del padiglione e la sua imbottitura garantiscono aderenza ottimale alla testa.



APP

SOUNDPRINT

<https://www.soundprint.co/>

È un applicazione che per il **monitoraggio del rumore**.

Utilizza un misuratore di decibel per **misurare il livello sonoro di un locale** e inviarlo al database per renderlo visibile a tutti.

Tramite le **segnalazioni** e le misurazioni degli utenti, riesce ad offrire un **servizio di mappe** in cui mostra luoghi tranquilli e moderati.



HELMHOLTZ RESONATORS

Oltre a quelle già elencate, esistono una serie di soluzioni che utilizzano i risonatori di Helmholtz per assorbire specifiche frequenze, in particolare quelle più basse. In genere si tratta di soluzioni applicate direttamente in edilizia e richiedono attività di rilevazione prima della produzione e dell'installazione.

SOUNDCELL - SOUNDSEAL

<https://www.soundseal.com/soundcell>

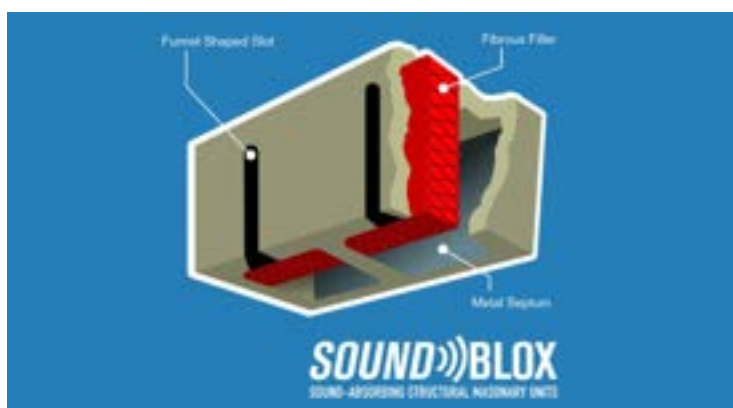
L'azienda soundseal ha progettato la sua linea di prodotti per la muratura acustica. Questi, utilizzando il principio dei risonatori di Helmholtz sono in grado di assorbire efficacemente i rumori problematici, diffondere l'energia sonora e catturare più accuratamente l'eco di flutter, le onde stazionarie e i fastidi legati all'intensità del suono.



SOUNDBLOX - ROADSTONE

<https://www.soundseal.com/soundcell>

L'azienda Roadstone ha prodotto i suoi elementi strutturali fonoassorbenti in muratura per la correzione acustica e il controllo del rumore. Le cavità sono chiuse nella parte superiore e le fessure permettono alle cavità chiuse di agire come risonatori smorzati (Helmholtz). Inoltre l'assorbimento viene aumentato dall'uso di setti metallici e riempimenti fibrosi nelle cavità.



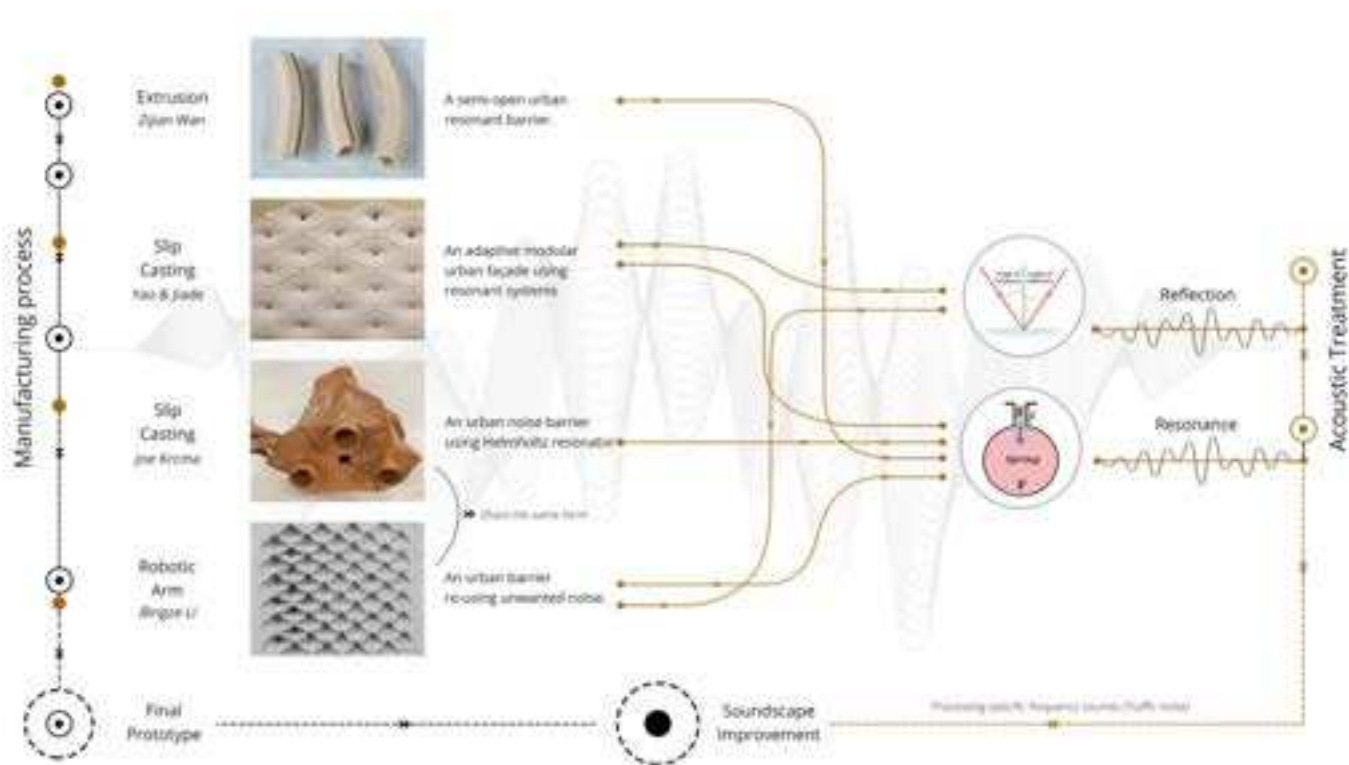
ALTERNATIVE CERAMIC DESIGNS WITH HELMHOLTZ RESONATORS - BARLETT SCHOOL OF ARCHITECTURE

<https://fifteen2022.bartlettarchucl.com/dfm-2022/alternative-ceramic-designs>

Studenti della Barlett school of Architecture, nell'ambito della sperimentazione con i materiali ceramici hanno sviluppato una serie di concept che si basano sul Helmholtz system

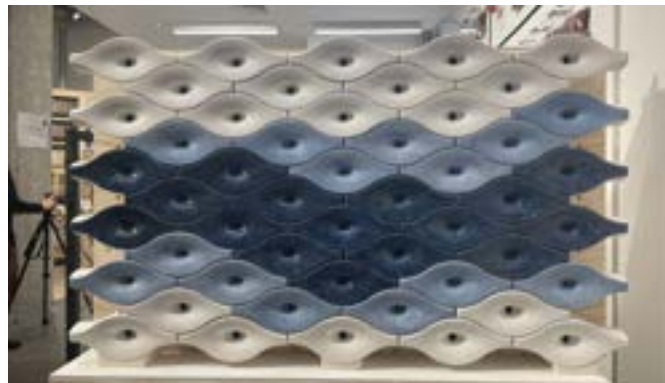
Questi concept si sono poi sviluppate in 4 tesi diverse, tutte con lo stesso obiettivo, cioè andare a ridurre il rumore del traffico stradale tramite questo sistema.

Il gruppo si è concentrato sulla minimizzazione dell'inquinamento acustico esterno a frequenze specifiche. I metodi di prototipazione utilizzati per la creazione di questi mattoni di argilla hanno sfruttato la fusione a scorrimento, la stampa 3D, l'estrusione e la tecnologia di fabbricazione robotica. Ciascun prodotto è stato sviluppato sintonizzando gli elementi sulle frequenze misurate in loco.



JIADÉ WANG E YAO ZHENG, THE SOUND OF CERAMIC SILENCE

Per affrontare l'impatto del rumore del traffico stradale sui paesaggi sonori urbani, The Sound of Ceramic Silence ha esteso il processo di slip-casting per produrre prodotti con cavità ceramiche risonanti a bassa frequenza per formare rivestimenti acustici.



JOE KRCMA, RESONATING SOUNDSCAPES

I gusci ceramici cavi colati a scorrimento funzionano in base ai principi di Helmholtz per assorbire determinate frequenze.



ZIJIAN WAN, EXTRUDED RESONATORS FOR URBAN NOISE REDUCTION

Il concetto di vigneto acustico mira a progettare una barriera acustica aperta che possa assorbire una specifica frequenza di rumore a seconda della situazione acustica di un sito.



BINGZE LI, ACOUSTIC PIXEL

Le prestazioni acustiche di ciascun componente possono essere definite individualmente, come un pixel grafico. Inoltre, ogni elemento è progettato dinamicamente e fabbricato digitalmente.





**ACUSTICA
REGOLABILE**

1 METAMATERIALI ACUSTICI ATTIVI

All'interno di questo capitolo viene studiato e analizzato un articolo in cui viene progettato un metamateriale acustico sfruttando i risonatori di Helmholtz.

Questo paper è il punto di partenza della tecnologia e del sistema applicato nel progetto rappresentato nel presente dossier.

Oltre a questo articolo vengono anche analizzati e mostrati altri sistemi che sfruttano questa tecnologia.

ACTIVE ACOUSTIC METAMATERIAL

Hedayati, R.; Lakshmanan, S.P. Active Acoustic Metamaterial Based on Helmholtz Resonators to Absorb Broadband Low-Frequency Noise. Materials 2024, 17, 962. <https://doi.org/10.3390/ma17040962>

Lo scopo di questo articolo è quello di progettare un metamateriale acustico attivo costituito da un array di risonatori di Helmholtz e di fabbricarlo con una tecnica di produzione additiva per contribuire alla riduzione dei livelli di rumore nelle applicazioni aerospaziali.

Inizialmente viene progettato e testato un metamateriale passivo costituito da un array di 64 celle unitarie di risonatori di Helmholtz per stabilire l'efficacia e la regione delle prestazioni.

La variabile utilizzata per ottenere frequenze diverse è stata la profondità della cavità del risonatore di Helmholtz, che è stata randomizzata.

Un modello attivo di questo progetto (azionato da un motore passo-passo) è stato fabbricato e testato.

I metamateriali sono stati testati in due set-up acustici:

- Un sistema chiuso volto a ricreare l'ambiente di una stanza insonorizzata
- Un sistema aperto volto a ricreare le condizioni di un rivestimento attivo.

INTRODUZIONE

Un metamateriale è un materiale ingegnerizzato artificialmente, costituito da entità a celle unitarie che hanno proprietà fisiche che vanno oltre quelle del materiale stesso.

I metamateriali acustici hanno la proprietà di controllare e manipolare le onde sonore in diversi mezzi utilizzando le loro disposizioni strutturali.

In base alla progettazione della loro struttura, i metamateriali acustici possono essere di diversi tipi:

- a membrana,
- a piastra,
- ad avvolgimento spaziale,
- ecc..

La sintonizzazione della frequenza di risonanza e del band gap sono fattori cruciali che non possono essere ottenuti con metamateriali passivi.

Recentemente, diversi ricercatori hanno implementato diverse tecniche di attuazione per ottenere metamateriali acustici sintonizzabili senza richiedere modifiche strutturali. Tali sforzi includono array di strutture attive a membrana, piastre fononiche, shunt a capacità negativa, risonatori di Helmholtz o sfere cave divise (SHS), cavità fluide separate da confini piezoelettrici, metamateriali permeabili, metamateriali acustici basati su origami e metamateriali vibroacustici.

Grazie al suo design relativamente semplice ma con prestazioni efficaci, sono in corso studi sull'incorporazione dei risonatori di Helmholtz nei metamateriali per un'efficace attenuazione del rumore. Nei metamateriali basati sui risonatori di Helmholtz, la profondità per lunghezza d'onda di ciascun risonatore nell'array per ogni frequenza mirata può variare, al fine di esibire unità di risonatori di lunghezza inferiore all'onda. Nel caso in cui le dimensioni delle strutture delle celle acustiche siano fisse, si ottiene un sistema passivo che funziona per una gamma di frequenze prestabilita, mentre nel caso in cui le dimensioni delle celle siano sintonizzabili, si ottiene un sistema attivo in cui la gamma di frequenze può essere regolata.

La RISONANZA DI HELMHOLTZ è un fenomeno che si crea quando l'aria entra in un foro aperto o in un collo che conduce a una cavità più grande. In linea di principio, un risonatore di Helmholtz agisce come un sistema massa-molla, con:

- L'aria all'interno del collo che rappresenta la massa
- L'aria all'interno della cavità che funziona come una molla.

Come mostrato nella Figura 1, quando l'aria viene soffiata sulla parte superiore di un risonatore di Helmholtz, l'aria nel collo della cavità viene compressa. Questo porta a un aumento della pressione all'interno della cavità, che tende a riportarla al volume originale. Quando questo processo raggiunge quasi uno stato di equilibrio con una forza di ripristino $F = -k\Delta x$ l'aria viene spinta dall'interno all'esterno della cavità da una certa quantità di moto. Questo porta a una diminuzione della pressione dell'aria all'interno della cavità, con conseguente risucchio dell'aria all'interno.

Questo fenomeno si ripete, rendendo l'aria all'interno elastica e facendo vibrare la massa sul collo della cavità

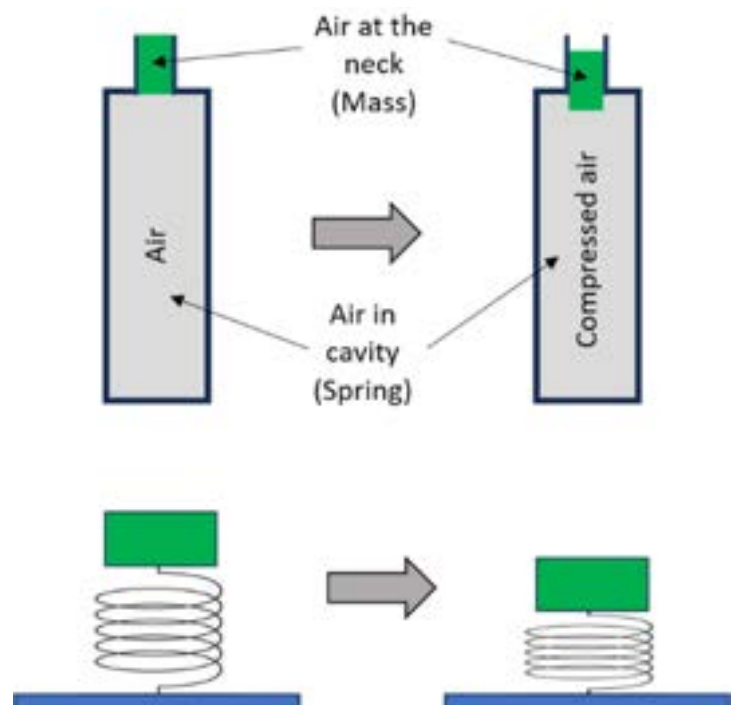


Figura 1

Il concetto di risonanza di Helmholtz sopra esposto può essere espresso matematicamente dall'equazione del risonatore di Helmholtz:

$$f = c / 2\pi \sqrt{A/VL}$$

dove c è la velocità del suono,
 A è l'area della sezione trasversale del collo,
 V è il volume dell'aria nel contenitore
 L è la lunghezza del collo.

Hedayati, R.; Lakshmanan, S. *Pneumatically-Actuated Acoustic Metamaterials Based on Helmholtz Resonators*. *Materials* 2020, 13, 1456

L'analisi dei lavori precedenti sulla modifica attiva dei parametri dimensionali dei risonatori di Helmholtz mostra che i progetti precedenti forniscono un'attenuazione per una singola frequenza istantanea e che hanno un meccanismo di attuazione e costruzione relativamente complesso. L'obiettivo della presente ricerca è applicare il concetto di attuazione attiva a livello cellulare in una

struttura reticolare composta da un array di celle (cavit ). Ci  consentir  di attenuare pi  frequenze istantanee. Inoltre, i sistemi attivi e passivi sono progettati in modo tale da sfruttare le possibilit  di facile fabbricazione offerte dalla stampa 3D.

L'obiettivo principale di questa ricerca   progettare un metamateriale acustico attivo per controllare in modo adattivo segnali di rumore di diversa frequenza. Per raggiungere questo obiettivo, il progetto   suddiviso in due fasi principali. La prima fase consiste nella progettazione di un prototipo passivo che si rivolge a una gamma di frequenze a banda larga. Sulla base delle prestazioni del modello passivo e della gamma di frequenze definita, viene sviluppato un sistema attivo con la capacit  di modificare il volume utilizzando un motore passo-passo.

MATERIALI E METODI

Per valutare i parametri di prestazione del metamateriale per il metamateriale attivo finale, viene proposto un progetto di metamateriale passivo mirato a una gamma fissa di frequenze. Dall'equazione di risonanza di Helmholtz (equazione (1)),   stato analizzato l'impatto di ciascun parametro dimensionale sulla risposta in frequenza, giungendo alla conclusione che nella gamma di frequenze pi  basse, la frequenza   altamente sensibile alle variazioni del volume della cavit  del risonatore. Il metamateriale passivo   stato progettato per raggiungere l'intervallo di frequenza di circa 150-500 Hz, poich  questo intervallo di frequenza   il pi  importante nel campo dell'attenuazione del rumore nelle industrie aerospaziali.

Le dimensioni specifiche di ciascuna cella unitaria sono state ricavate dai limiti di fabbricazione che fissano un limite superiore alla larghezza del metamateriale. I vincoli (ad esempio, la dimensione della piastra di costruzione della stampante 3D) hanno permesso di incorporare un array di 8×8 celle unitarie. La sezione trasversale del risonatore   stata scelta QUADRATA per la semplicit  di fabbricazione e anche perch  consente un'ampia area trasversale in ogni cella unitaria. La base della cavit    stata progettata a forma di V per poter stampare le celle senza una struttura di supporto (Figura 2a). Le dimensioni delle celle unitarie sono state selezionate in base all'intervallo di frequenze di risonanza

ottenuto dall'equazione di risonanza di Helmholtz (Equazione (1)); si veda la Tabella 1. Profondit  della cavit  da 8 mm a 42 mm danno un intervallo di volume di 882-7550 mm³ che d  la frequenza di risonanza di 178,6-522,4 Hz.

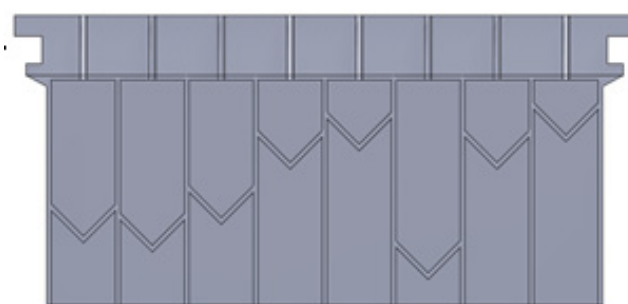
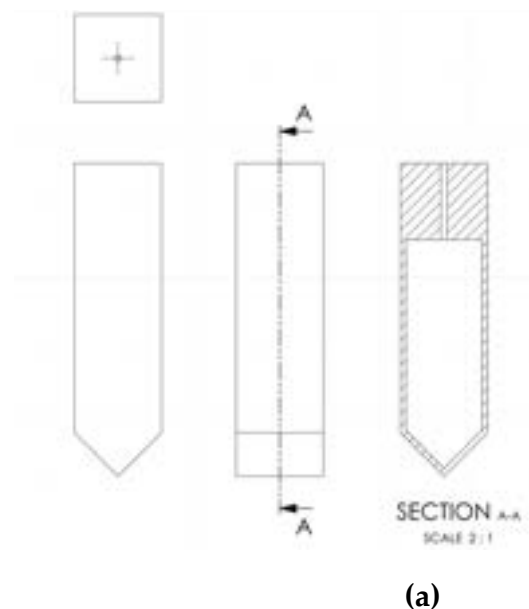


Figura 2

Table 1. Dimensions of the resonators and the passive metamaterial walls.

Parameter	Dimensions
Diameter of the neck	1.2 mm
Length of the neck	14 mm
Cross-section of the cavity	$14 \times 14 \text{ mm}^2$
Lengths of the cavities	8–42 mm
Area of the metamaterial wall	$135 \times 135 \text{ mm}^2$
Depth of the metamaterial wall	61 mm

Per coprire la gamma di frequenze selezionata, il volume effettivo della cavità viene impostato modificando la lunghezza della cavità stessa. Nel progetto passivo, queste lunghezze sono distribuite in modo casuale utilizzando una funzione di randomizzazione in MATLAB, sull'array di celle unitarie per coprire la gamma di frequenze massima del progetto (Figura 2b).

Per la fabbricazione delle pareti è stata utilizzata la Fused Deposition Modeling (FDM), una nota tecnica di produzione additiva (AM). Come materiale di stampa è stato scelto l'acido polilattico (PLA) e le apparecchiature FDM utilizzate per questo progetto sono state le stampanti 3D Ultimaker 2+ e Ultimaker 3.

METAMATERIALE ATTIVO AD AZIONAMENTO ELETTRICO

Il metamateriale passivo presentato nella Sezione 3.1.1 si rivolge a una gamma di frequenze di funzionamento a banda larga. Sebbene ciò sia utile per attenuare i livelli di rumore nell'intervallo, è importante anche puntare a frequenze isolate nell'intervallo.

In un progetto passivo, ogni singola frequenza o ogni sottogamma di frequenze che si trova all'interno dell'intervallo di frequenze desiderato richiede la realizzazione di diversi modelli che mirano al particolare o al sottogruppo di frequenze richiesto. Poiché ciò comporta notevoli vincoli di tempo e di materiale, è stato proposto un modello attivo, in cui il volume dei risonatori può essere modificato in base ai requisiti di frequenza transitoria. In questo modo, un singolo sistema attivo può essere indirizzato a una gamma o a un insieme di frequenze isolate, con un immenso vantaggio rispetto al modello passivo.

In questo progetto, per variare il volume di ciascun risonatore del metamateriale, sono state variate le profondità delle cavità dei risonatori. Come

accennato in precedenza, l'intervallo di variazione delle profondità delle cavità dei risonatori è stato scelto tra 8 mm e 42 mm, e la variazione della profondità nelle celle di ciascun array 8×8 è stata identica. Tutte le altre dimensioni del metamateriale attivo erano uguali a quelle del progetto passivo (Tabella 1).

Per variare la profondità di ciascuna parete del metamateriale sono stati utilizzati attuatori a motore lineare o motori passo-passo. L'attuazione delle diverse profondità della cavità è stata controllata utilizzando un potenziometro collegato alla scheda di controllo di un motore.

Ogni motore lineare controllava una parete del metamateriale. Una piastra di base che supportava 64 risonatori è stata collegata al motore lineare (Figura 5) per variare la profondità delle cavità in base ai requisiti. Per ottenere un'attenuazione del rumore su più frequenze, è possibile regolare la profondità delle diverse pareti su valori diversi.

Un esempio di questo tipo per un sistema chiuso è stato eseguito impostando la profondità di due pareti a 10 mm e le altre tre pareti a 50 mm.

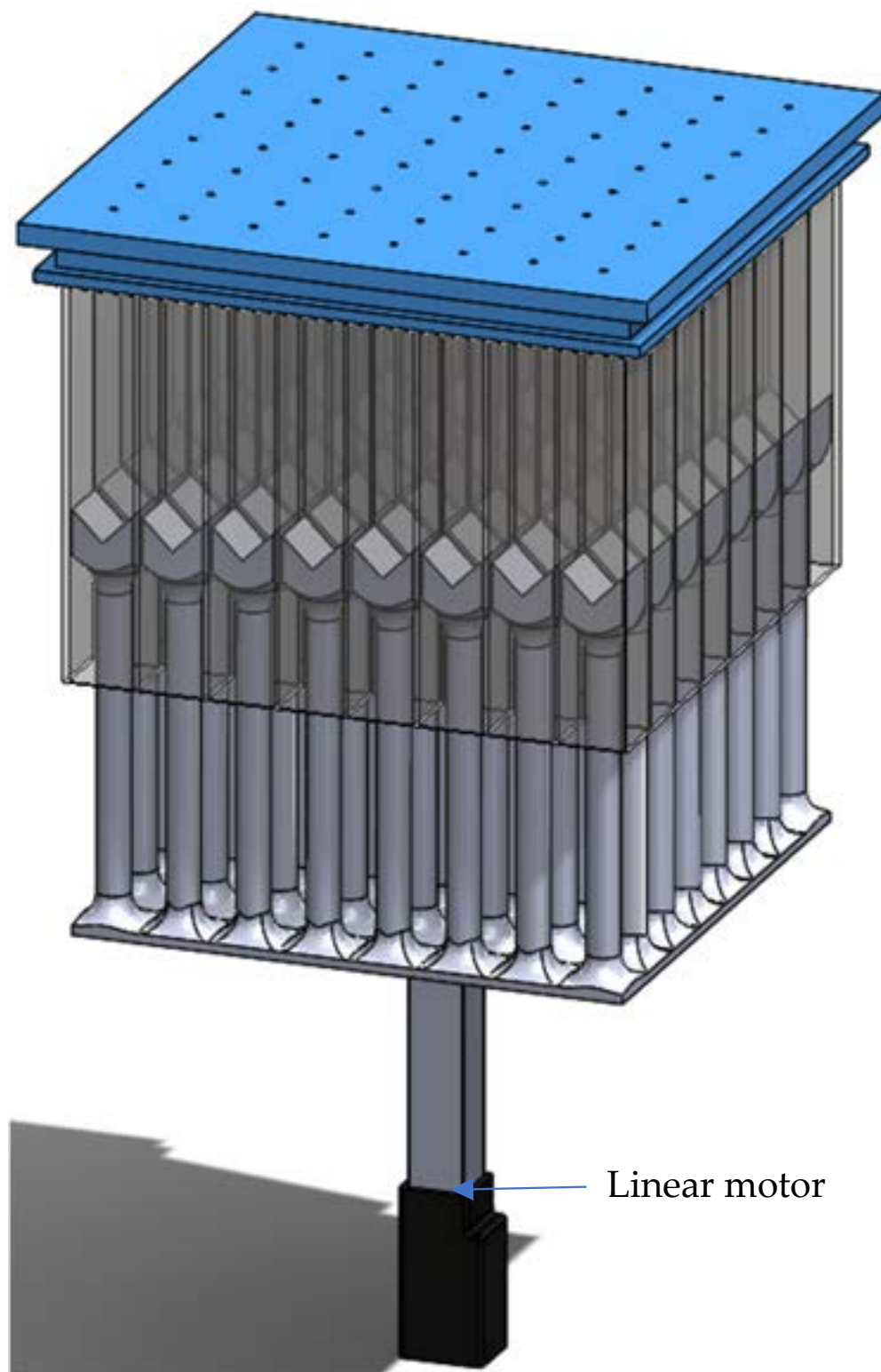


Figura 5

CONFIGURAZIONE SPERIMENTALE

Per la misurazione acustica sono state scelte due configurazioni: un sistema aperto e un sistema chiuso. La disposizione è stata scelta di natura cubica per facilitare l'assemblaggio e la conformità di entrambi i sistemi. Per la struttura ospitante e le strutture risonanti sono possibili diversi design.

Poiché l'obiettivo di questo lavoro è dimostrare il potenziale e la fattibilità del comportamento della banda di arresto basato sui metamateriali per l'isolamento acustico, è stata scelta e analizzata una possibile configurazione basata su [Claeys, C.; Deckers, E.; Pluymers, B.; Desmet, W. A lightweight vibro-acoustic metamaterial demonstrator: Numerical and experimental investigation. Mech. Syst. Signal Process. 2016, 70–71, 853–880].

I risonatori di Helmholtz sono ampiamente utilizzati nelle strutture a forma di tunnel, come i rivestimenti dei motori a reazione. Diversi modelli di risonatori di Helmholtz sono stati incorporati nelle pareti interne di una gondola del motore per mitigare la generazione di rumore.

Sono stati sviluppati 2 sistemi:

- Sistema aperto
- Sistema chiuso

Il sistema aperto è stato progettato con quattro pareti di metamateriale disposte a forma cubica (Figura 6a,b). Un tubo di alluminio è stato posizionato su entrambi i lati del metamateriale per simulare un tunnel aperto. A un'estremità del tubo è stato collocato un altoparlante e all'altra estremità un microfono per misurare il rumore attenuato dopo l'interazione con il metamateriale (Figura 6a).

Il sistema chiuso mirava a ricreare l'ambiente di una stanza insonorizzata. Il sistema chiuso consisteva in cinque pareti di metamateriale di forma cubica con un lato aperto per l'altoparlante, in modo che le cinque pareti di metamateriale coprissero l'altoparlante da tutti i lati (Figura 6c,d). Poiché l'obiettivo della configurazione era quello di sigillare il rumore proveniente dall'altoparlante senza uscire dallo spazio all'interno del metamateriale, il dispositivo di registrazione del suono è stato tenuto all'esterno del sistema a una distanza di 15 cm dalle pareti del metamateriale. Questa distanza è stata mantenuta invariata per tutti i test.

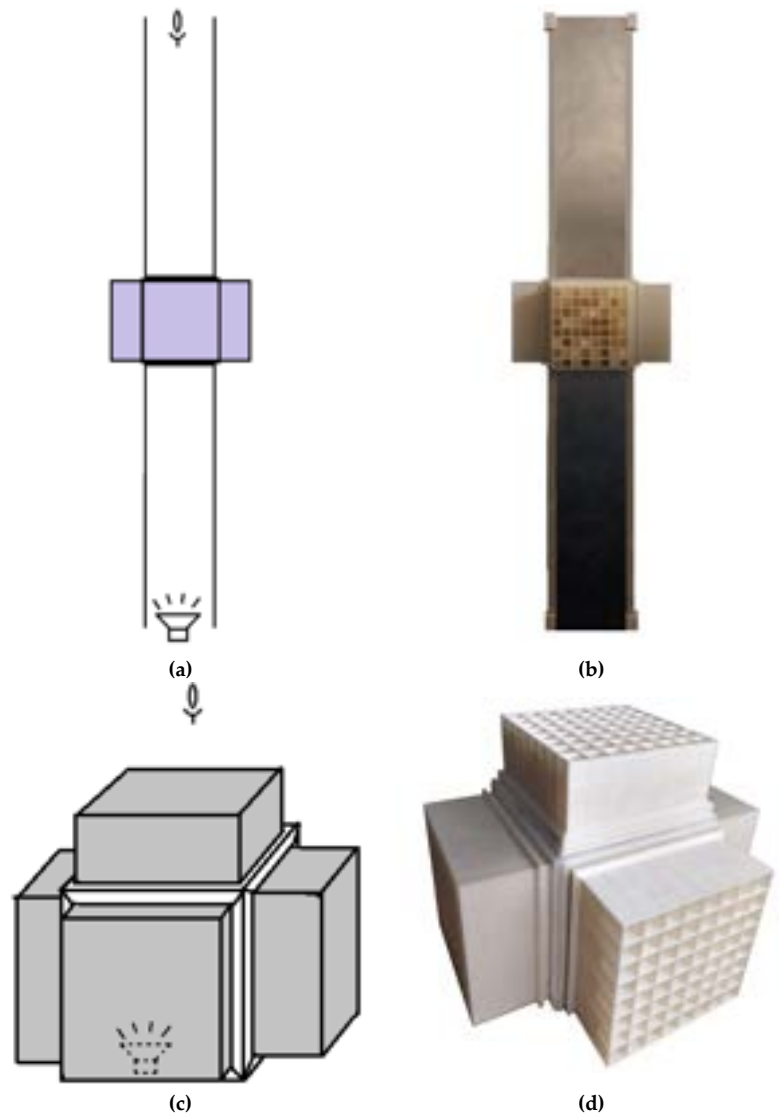


Figura 6

SETUP DELL'ATTUATORE LINEARE ELETTRICO

È stato utilizzato un microattuatore lineare modello L12-5-210-12-P (Actuonix Motion Devices Inc., Canada), controllato da un ingresso potenziometrico (Figura 7).

Per controllare la posizione della testa dell'attuatore, è stata utilizzata una scheda di controllo (Actuonix L.A.C) che funge da interfaccia tra il potenziometro e il motore lineare.

L'attuatore aveva una precisione di circa 0,5 mm e un campo di lavoro massimo di 50 mm. Poiché l'intervallo di profondità delle cavità era di circa 40 mm, l'attuatore era adatto allo scopo.

La Figura 8 mostra il motore lineare installato su una parete di metamateriale.



(a)

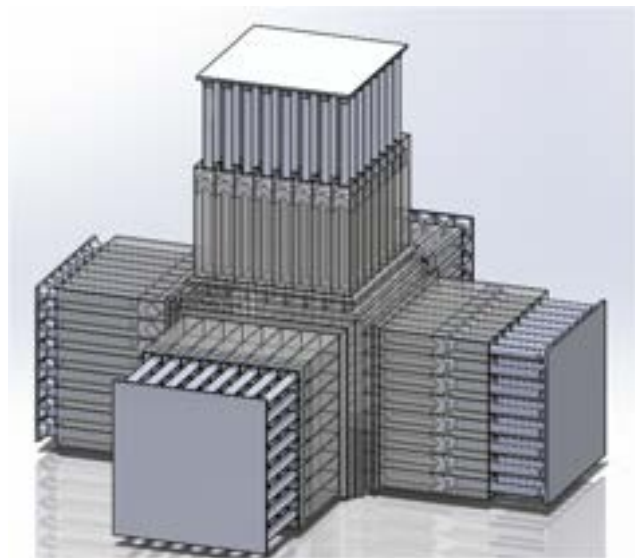


(b)

Figure 7. (a) Control board and (b) linear actuator in its fully contracted and extended states.



(a)



(b)

Figura 8

CONCLUSIONI

In questo lavoro è stato presentato un progetto di metamateriale acustico basato sul principio di risonanza di Helmholtz, con un sistema attivo per raggiungere una gamma di frequenze a banda larga e una gamma di frequenze isolate.

Sono stati fabbricati:

- Modello PASSIVO.

È stato fabbricato un modello passivo con una distribuzione casuale della profondità della cavità che mira a una gamma di basse frequenze (160-434 Hz). Il modello passivo è costituito da quattro (per il sistema aperto) o cinque pareti (per il sistema chiuso) di una matrice 8×8 , con una struttura a reticolo di risonatori di Helmholtz.

- o Nel caso del sistema aperto, il metamateriale ha mostrato le migliori prestazioni alla frequenza di 150 Hz, con un'attenuazione di 18 dB.

- o Nel caso del sistema chiuso, invece, il metamateriale ha mostrato le sue migliori prestazioni alla frequenza di 350 Hz, fornendo un picco di attenuazione di 33 dB.

- Modello ATTIVO

Sulla base delle prestazioni del modello passivo, è stato fabbricato un modello attivo con dimensioni simili.

Il parametro variabile scelto per la modulazione attiva è stato ancora una volta il volume della cavità del risonatore attraverso la variazione della profondità della cavità del risonatore utilizzando un motore passo-passo. Le profondità selezionate corrispondono a diverse frequenze di risonanza basate sull'equazione di risonanza di Helmholtz. Come previsto, le diverse profondità hanno prodotto cali nel livello di rumore per le frequenze corrispondenti, come si vede nei grafici per i campioni di rumore bianco, rosa e marrone.

Il sistema era in grado di ridurre il rumore a una frequenza target, con una tolleranza di ± 20 Hz. A ciascuna frequenza target,

- o Nel caso del sistema chiuso l'attenuazione ottenuta per il modello attivo era di 10-15 dB rispetto alle prestazioni medie della linea per il caso del sistema chiuso

- o Nel caso del sistema aperto l'attenuazione ottenuta per il modello attivo era di 15-25 dB.

Pertanto, i risultati di questo studio hanno dimostrato che la sintonizzazione dei metamateriali acustici basati sui risonatori di Helmholtz e una combinazione di tali sistemi possono attenuare efficacemente il rumore in una gamma piuttosto ampia di basse frequenze (da 100 Hz a 1000 Hz). Il sistema attivo presentato in questa ricerca è un passo avanti verso

l'obiettivo finale di poter identificare efficacemente le frequenze dominanti e ridurre i livelli di rumore corrispondenti attraverso un sistema completamente adattivo che varia più di un parametro per ottenere una gamma di frequenze ottimale con un'elevata capacità di attenuazione.

PUNTI DI FORZA:

In un progetto passivo, ogni singola frequenza o ogni sottogamma di frequenze che si trova all'interno dell'intervallo di frequenze desiderato richiede la realizzazione di diversi modelli mirati.

Poiché ciò comporta notevoli vincoli di tempo e di materiale, è stato proposto un modello attivo, in cui il volume dei risonatori può essere modificato in base ai requisiti di frequenza transitoria.

In questo modo, un singolo sistema attivo può essere indirizzato a una gamma o a un insieme di frequenze isolate, con un immenso vantaggio rispetto al modello passivo.

PUNTI DI DEBOLEZZA:

Il punto di debolezza principale è il fatto che sia una tecnologia e una tecnica molto recente.

I test condotti in ambiente reale, come riportati dallo studio, hanno riportato risultati positivi. Essendo, però, un sistema molto nuovo non vi è certezza della durata nel tempo di questo sistema.

2 ALTRI SISTEMI E BREVETTI

BREVETTO 1

[https://patents.google.com/patent/US7757808B1/en?q=\(tunable+Helmholtz\)&oq=tunable+Helmholtz+](https://patents.google.com/patent/US7757808B1/en?q=(tunable+Helmholtz)&oq=tunable+Helmholtz+)

Titolo: NOISE REDUCTION SYSTEM US7757808B1

Numero di pubblicazione internazionale: US 7,757,808 B1

Numero di applicazione internazionale: 12/365,292

Data di presentazione internazionale: Feb. 4, 2009

Lingua di presentazione: Inglese

Richiedente: GM Global Technology Operations LLC

Inventore: Nuno Artur Vaz; Shung H. Sung; Alan L. Browne

Data di pubblicazione internazionale: Jul. 20, 2010

ABSTRACT:

Un sistema di riduzione del rumore, per un veicolo, che utilizza un risonatore di Helmholtz sintonizzabile. Un sistema di riduzione del rumore per un dispositivo dotato di un sottosistema di generazione del rumore comprende un risonatore di Helmholtz e un controllore. Il risonatore di Helmholtz è disposto in comunicazione fluida con il sottosistema di generazione del rumore e comprende un materiale attivo che risponde a un segnale di controllo che regola una caratteristica dimensionale del risonatore di Helmholtz in modo tale da influenzare una caratteristica di risonanza del risonatore di Helmholtz. Il controllore risponde a una caratteristica operativa del dispositivo o del sottosistema di generazione del rumore per produrre il segnale di controllo.

Per modificare il volume ipotizzano un sistema cilindrico telescopico basato su molle a memoria di forma. In alternativa, ipotizzano un sistema in cui il materiale a memoria di forma è usato direttamente per la geometria del volume che si può espandere fino ad un massimo definito da uno stampo.

In alternativa, ipotizzano un sistema in cui il materiale a memoria di forma è usato direttamente per la geometria del volume che si può espandere fino ad un massimo definito da uno stampo.

PUNTI DI FORZA:

Il sistema descritto nel brevetto è ottimo nella sua funzione. La memoria di forma potrebbe essere utilizzata per creare delle forme interessanti che fungano direttamente come volumi dei risonatori. Non sarebbero dunque necessari sistemi meccanici di stantuffo e cilindro.

PUNTI DI DEBOLEZZA:

Purtroppo, l'uso della memoria di forma necessita di un tempo di trasformazione del materiale. Questo tempo di reazione è molto maggiore rispetto ai tempi di movimentazione e reazione di un motore elettrico, soprattutto se queste molle devono sorreggere un peso.

Inoltre, considerando che alla testa delle molle è applicato un peso, bisogna considerare anche la direzione della molla. Questa, per evitare che si pieghi formando una curva per via la forza peso, deve essere applicata nel dispositivo in verticale.

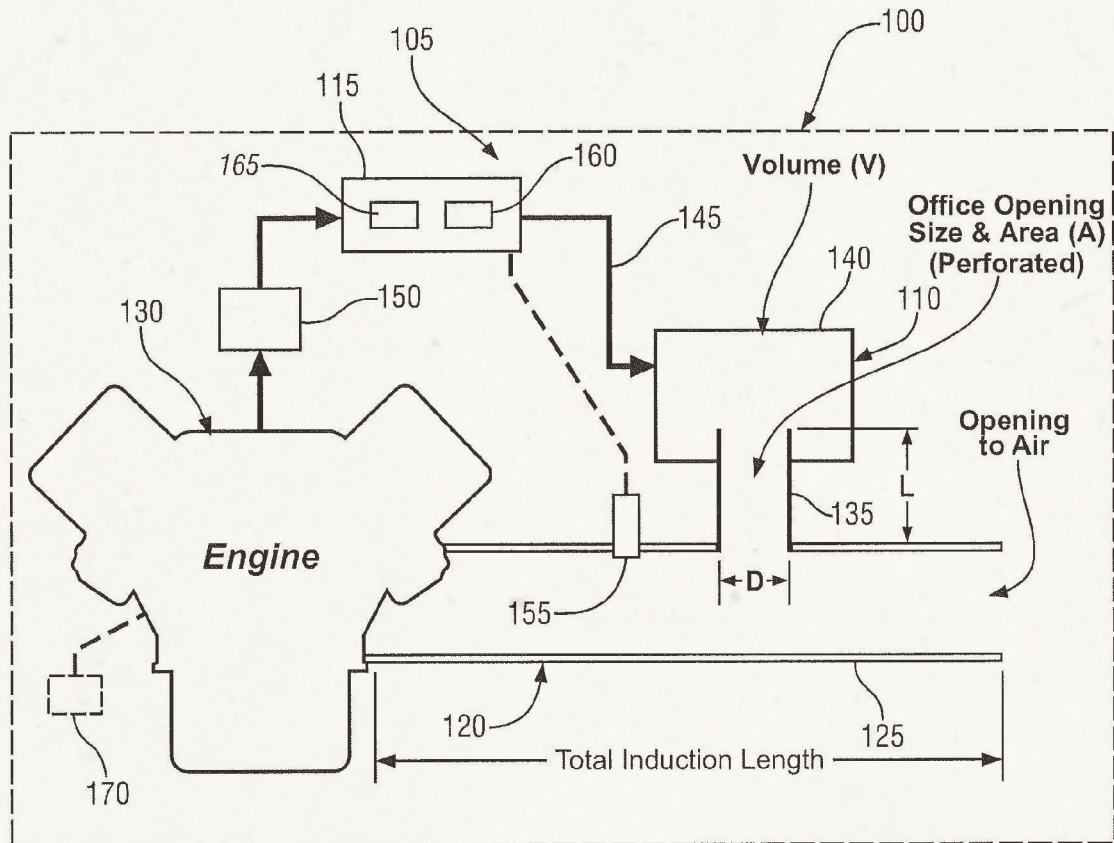


FIG. 1

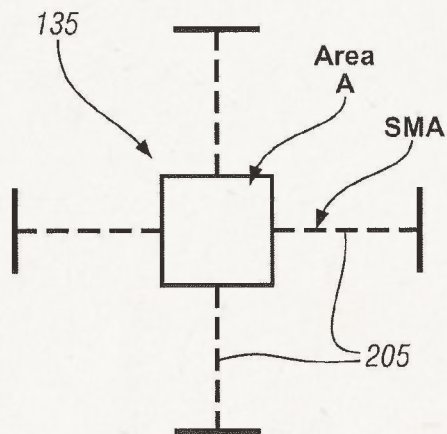


FIG. 2A

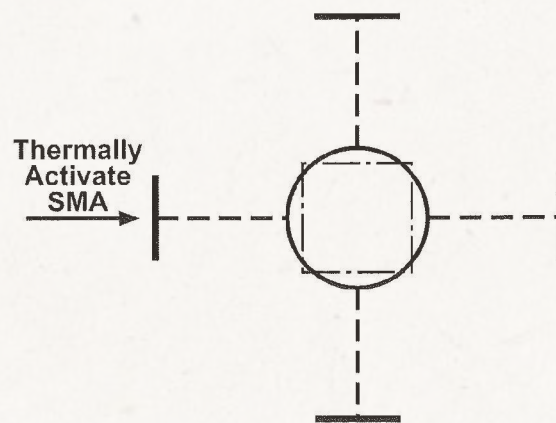


FIG. 2B

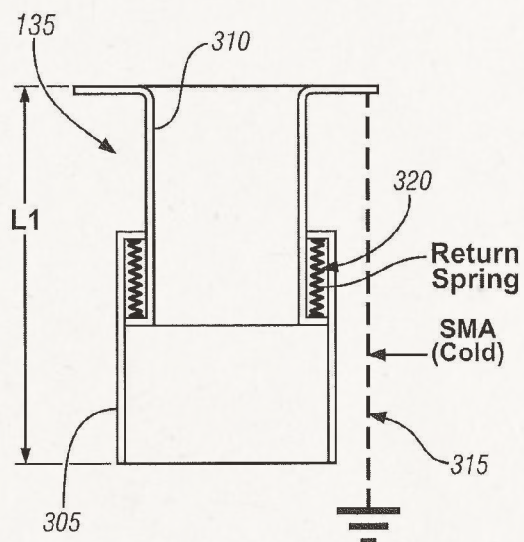


FIG. 3A

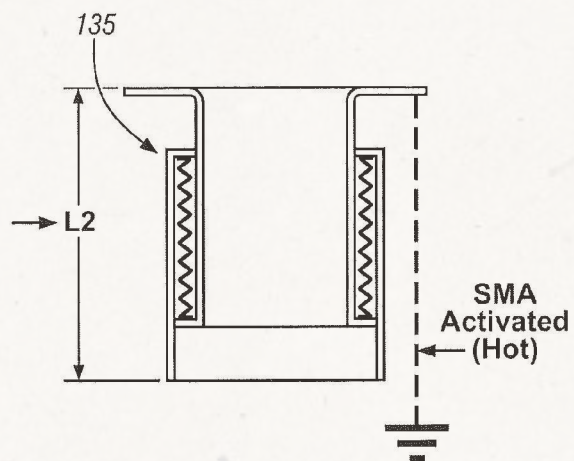


FIG. 3B

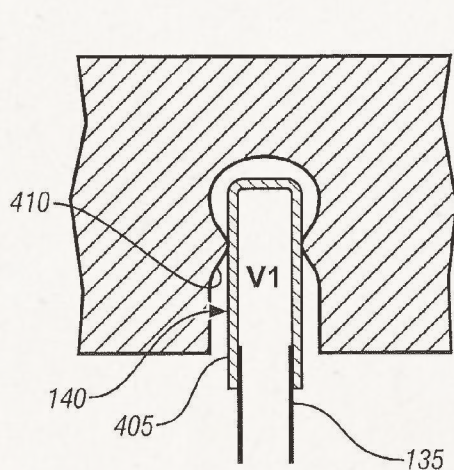


FIG. 4A

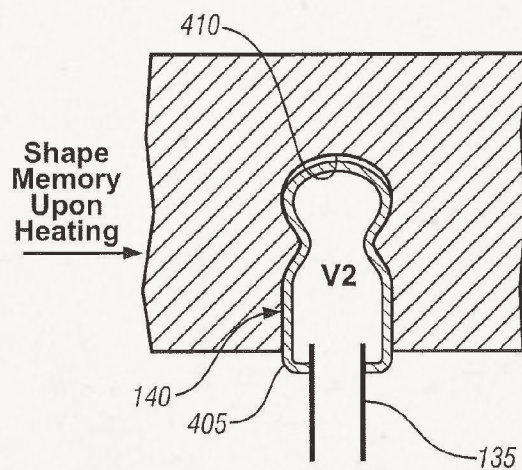
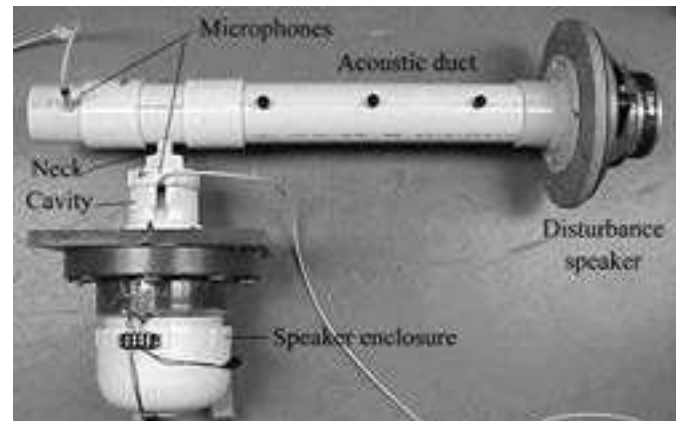


FIG. 4B

AN ELECTRONICALLY TUNABLE RESONATOR FOR NOISE CONTROL

[https://patents.google.com/patent/US7757808B1/en?q=\(tunable+Helmholtz\)&oq=tunable+Helmholtz+](https://patents.google.com/patent/US7757808B1/en?q=(tunable+Helmholtz)&oq=tunable+Helmholtz+)

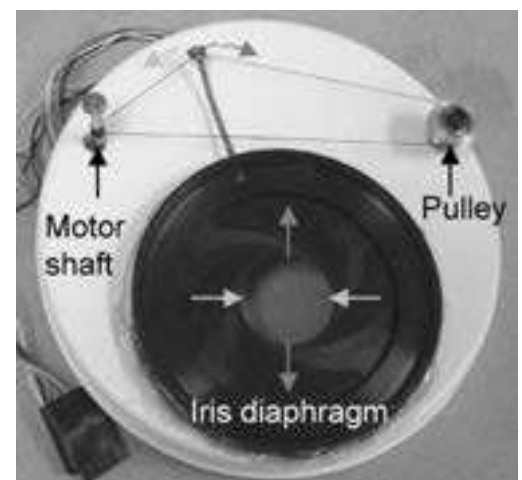
Type of Volume Change (Neck/Cell)	Cell Volume change
Decrease in Noise (dB)	100%
Range of Frequency (Hz)	80–170
Actuation Type	Pneumatic
Range of Changing Parameter	NA
Type (Self-Tuning, Active, Adjustable)	Adjustable



ADAPTIVE HELMHOLTZ RESONATORS AND PASSIVE VIBRATION ABSORBERS FOR CYLINDER INTERIOR NOISE CONTROL

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022460X05000829>

Type of Volume Change (Neck/Cell)	Neck diameter
Decrease in Noise (dB)	4.2 dB
Range of Frequency (Hz)	75–115
Actuation Type	Rotary-actuated aperture
Range of Changing Parameter	9–58 mm
Type (Self-Tuning, Active, Adjustable)	Adjustable



ADAPTIVE-PASSIVE NOISE CONTROL WITH SELF-TUNING HELMHOLTZ RESONATORS

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022460X96907968>

Type of Volume Change (Neck/Cell)	Volume
Decrease in Noise (dB)	29 dB
Range of Frequency (Hz)	65–150
Actuation Type	Rotary-actuated walls
Range of Changing Parameter	1491 cm ³ –14,093 cm ³
Type (Self-Tuning, Active, Adjustable)	Self-tuning

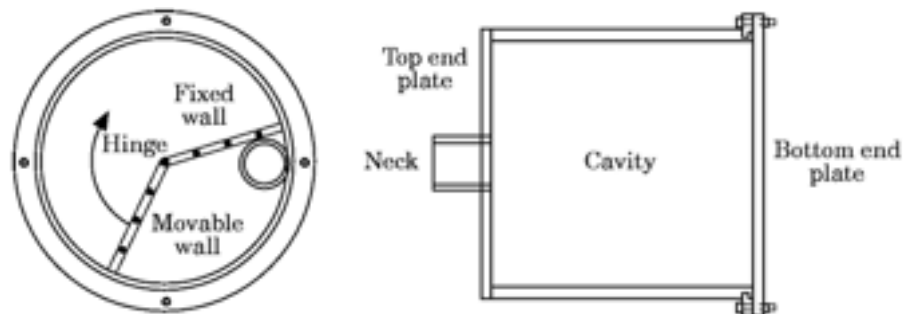


Figure 2. A variable volume Helmholtz resonator.

ADAPTIVE HELMHOLTZ RESONATOR IN A HYDRAULIC SYSTEM

<chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefndmkaj/https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=f66a4f12cfa2b6201363c3622db374aa7e183074>

Type of Volume Change (Neck/Cell)	Cavity Length
Decrease in Noise (dB)	20 dB
Range of Frequency (Hz)	35–46
Actuation Type	Hydraulic
Range of Changing Parameter	43–243 mm
Type (Self-Tuning, Active, Adjustable)	Active



Fig. 12 Helmholtz resonator (below) and the hydraulic cylinder (white, above) used to adjust the piston position inside the resonator



Fig. 13 Principle of an adaptive Helmholtz resonator for hydraulics



BIOMIMESI PER SUONO E VIBRAZIONI

1 COS'È LA BIOMIMESI

Il concetto “biomimicry” è entrato a far parte del dizionario nel 1974 e sta a indicare il passaggio di processi biologici dal mondo naturale a quello artificiale, attraverso l’imitazione dei meccanismi che governano la natura. Il termine biomimesi deriva dal greco “bios”, ovvero vita, e “mimesis”, cioè imitazione. La biomimetica è una disciplina che ha il compito di studiare e riprodurre le caratteristiche degli organismi viventi, con lo scopo di trovare delle soluzioni progettuali che possano essere utili al miglioramento delle attività e delle tecnologie umane, nonché di ridurre il proprio impatto sull’ambiente.

Con la biomimesi viene espresso il legame fra biologia e tecnologia: mentre la biologia rappresenta il modello primordiale a cui tendere, la tecnologia è invece il mezzo con cui riprodurre, attraverso l’imitazione, i funzionamenti e le strutture cellulari degli organismi, nonché le capacità organizzative e di adattamento evolutivo che caratterizzano la natura.

Come sostiene Janine Benyus, biologa, autrice e cofondatrice del Biomimicry Institute, “per vincere la lotta per la sopravvivenza piante e animali hanno evoluto soluzioni mirate al minor consumo possibile di risorse”.



DESIGN LENS

<https://biomimicry.net/who-we-are/>

La Biomimicry 3.8 è la prima società di consulenza e formazione professionale al mondo che si occupa di progettazione e innovazione positiva per la natura.

Fondata da Janine Benyus e Dayna Baumeister, la Biomimicry 3.8 ha progettato e messo a disposizione un sistema di diagrammi che rappresentano visivamente le basi di un approccio progettuale biomimetico.

Questo approccio comprende:
 Elementi essenziali
 Principi di Vita
 Pensiero biomimetico



PRINCIPI DI VITA

<https://biomimicry.net/the-buzz/resources/designlens-lifes-principles/>

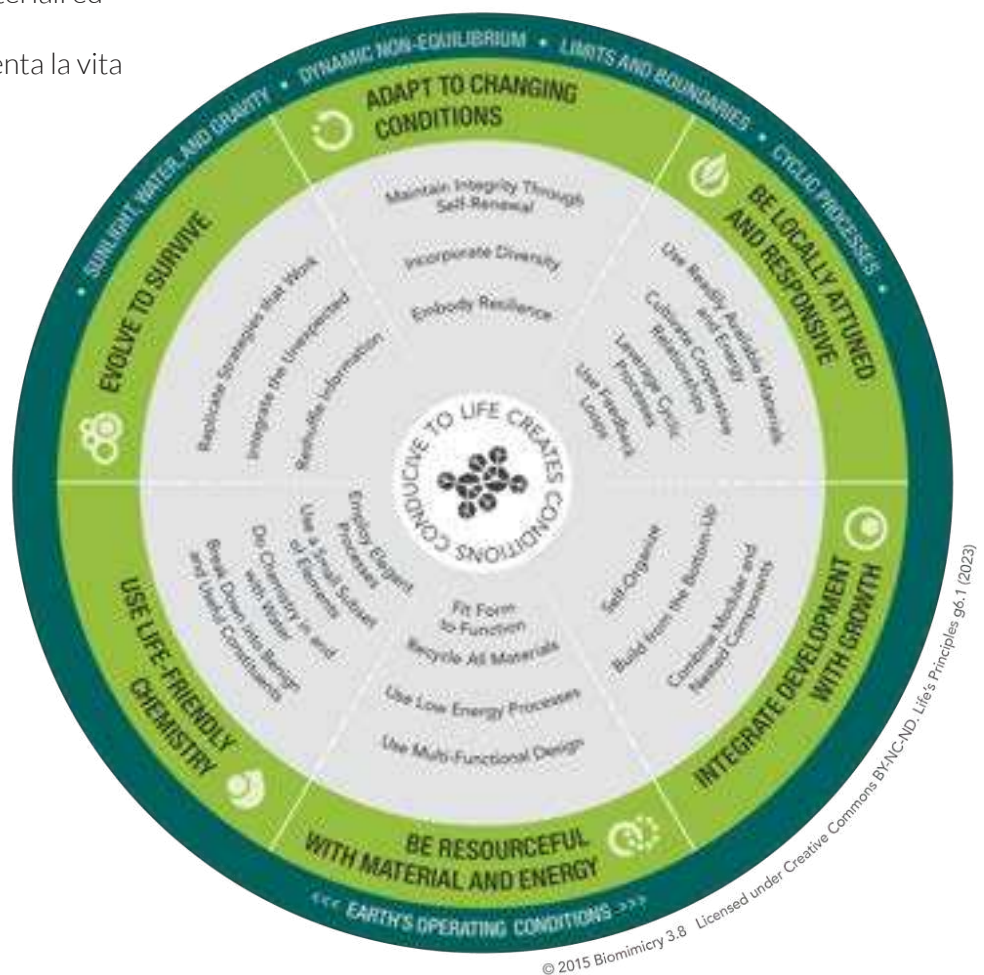
I principi della vita sono lezioni di progettazione dalla natura. Basandosi sul riconoscimento che la vita sulla Terra è interconnessa e interdipendente, e che è soggetta allo stesso insieme di condizioni operative, la vita ha evoluto una serie di strategie che hanno retto per oltre 3,8 miliardi di anni.

I Principi della Vita rappresentano questi modelli generali riscontrati tra le specie che sopravvivono e prosperano sulla Terra. La vita integra e ottimizza queste strategie per creare condizioni favorevoli alla vita.

Imparando da queste lezioni di progettazione profonda, possiamo modellare strategie innovative, misurare i nostri progetti rispetto a questi parametri di riferimento sostenibili e lasciarci guidare dal genio della natura usando i Principi della Vita come ideali aspirazionali.

Questi principi sono:

- Evolversi per sopravvivere
- Adattarsi a condizioni mutevoli
- Essere in sintonia e reattivi a livello locale
- Integrare lo sviluppo con la crescita
- Essere pieni di risorse materiali ed energetiche
- Usare la chimica che alimenta la vita

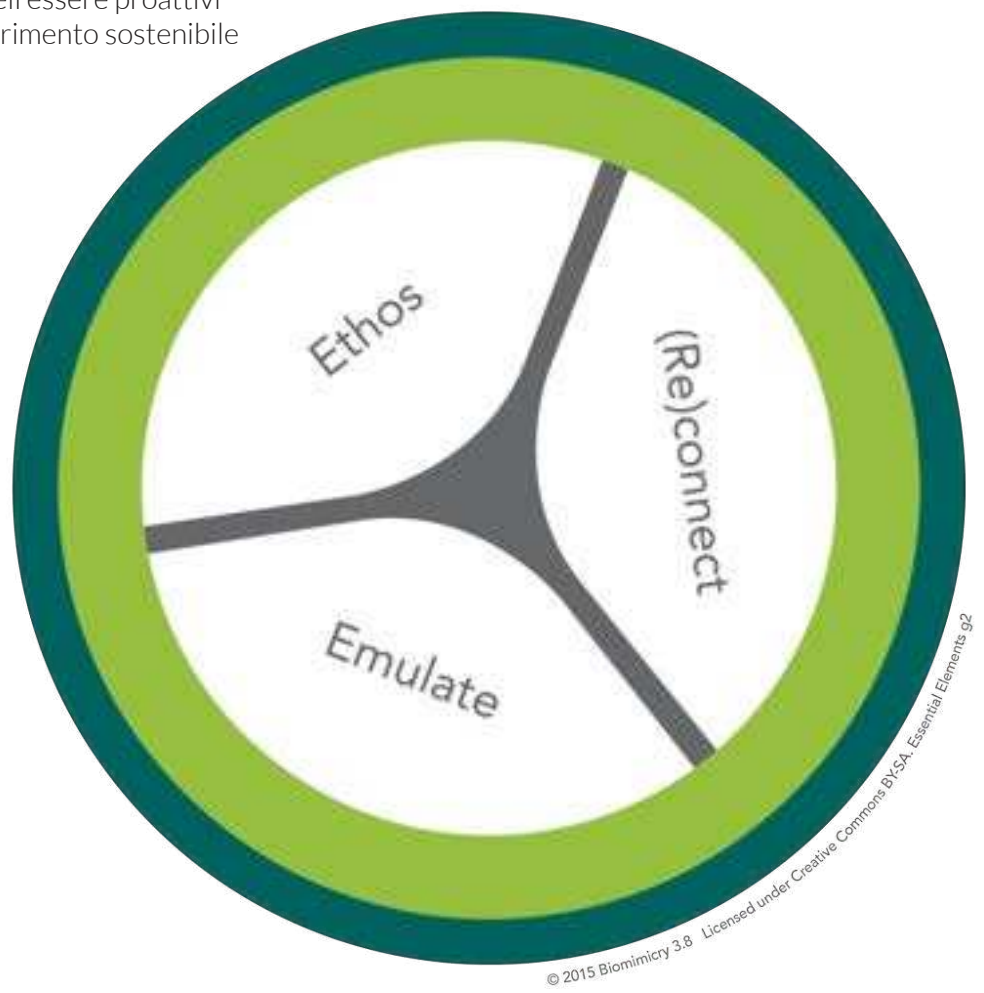


PRINCIPI DI VITA

<https://biomimicry.net/the-buzz/resources/designlens-essential-elements/>

La pratica della biomimetica comprende tre ingredienti interconnessi, ma unici; i tre elementi essenziali della biomimetica rappresentano la base della biomimetica. Combinando insieme gli elementi essenziali, il design bioispirato diventa biomimetico.

- ETHOS costituisce l'essenza della nostra etica, delle nostre intenzioni e della filosofia alla base della nostra pratica biomimetica. L'ethos rappresenta il nostro rispetto, la nostra responsabilità e la nostra gratitudine nei confronti dei nostri simili e della nostra casa.
- (RI)CONNESSIONE rafforza la comprensione che, sebbene apparentemente "separate", le persone e la natura sono in realtà profondamente intrecciate. Noi siamo la natura. (Ri)connettersi è una pratica e una mentalità che esplora e approfondisce questa relazione tra gli esseri umani e il resto della natura.
- EMULAZIONE porta i principi, i modelli, le strategie e le funzioni presenti in natura a informare il design. L'emulazione consiste nell'essere proattivi nel realizzare la visione di un inserimento sostenibile dell'uomo sulla terra.



PENSIERO BIOMIMETICO

<https://biomimicry.net/the-buzz/resources/designlens-biomimicry-thinking/>

Il Pensiero biomimetico fornisce un contesto per capire dove, come, cosa e perché la biomimetica si inserisce nel processo di qualsiasi disciplina o scala di progettazione. Pur essendo simile a una metodologia, il Pensiero biomimetico è un quadro di riferimento che intende aiutare le persone a praticare la biomimetica durante la progettazione di qualsiasi cosa. Sono quattro le aree in cui la lente biomimetica fornisce il massimo valore al processo di progettazione (indipendentemente dalla disciplina in cui è integrata): individuazione, scoperta, creazione e valutazione.

Ci sono due percorsi specifici nel Pensiero biomimetico:

CHALLENGE TO BIOLOGY

È utile per gli scenari in cui si ha a che fare con un problema specifico e si cercano spunti biologici per la soluzione. È particolarmente utile per un ambiente “controllato”, come una classe, o per creare un processo di progettazione iterativo.

DALLA BIOLOGIA AL DESIGN

Questo percorso è più appropriato quando il processo inizia con un'intuizione biologica ispiratrice (compreso un Principio di Vita) che si vuol far manifestare come progetto. Tra coloro che potrebbero seguire questo percorso ci sono inventori e imprenditori, studenti che non hanno ancora un proprio processo di progettazione, coloro che sono interessati a scoprire strategie che potrebbero informare nuove innovazioni e gli educatori interessati a condividere la biologia in modi che generano interesse con i non biologi.



Questi due approcci vengono definiti Top-Down o Bottom UP.

Nel caso di questo progetto, avendo già definito qual è l'obiettivo, si è utilizzato un approccio di tipo Top-down. Dunque si è partiti dal problema dell'acustica e si sono cercate soluzioni applicabili tra i modelli biologici esistenti.

2 BIOMIMESI PER SUONO E VIBRAZIONI

Bio-mimics for sound and vibration technologies. G. Rosenhouse Faculty of Civil Engineering - Technion, Haifa 32000, Israel. Design and Nature II, M. W. Collins & C. A. Brebbia (Editors) ©2004 WIT Press, ISBN 1-85312-721-3

Gli animali utilizzano suoni e vibrazioni per vari scopi, tra cui l'attrazione, la caccia e la riproduzione. In natura, l'uso del suono può diventare una questione di vita o di morte. Il suono in natura stimola idee bio-mimiche per la progettazione di sistemi radar e sonar, per la robotica e per le tecnologie elettroacustiche. Essendo interdisciplinare, la biomimica acustica richiede, per il suo ulteriore sviluppo, conoscenze di base in fisica, biologia, acustica teorica, elettroacustica, ingegneria del controllo ed elettrotecnica per aiutare a risolvere o studiare i problemi di caratteristiche specifiche, come spiegato nel testo.

In questo contesto, il rilevamento in natura viene classificato e vari casi specifici di bio-mimica sono legati al suono e alle vibrazioni. Tra gli esempi vi sono la capacità di distinguere il suono desiderato dal rumore di fondo e i meccanismi che evitano il fastidio acustico e la perdita dell'udito grazie all'isolamento acustico biologico.

I sistemi acustici sono composti da tre elementi principali:

- La sorgente sonora,
- Il sistema di controllo e
- I sensori.

Alcuni animali, come i pipistrelli e i delfini, li hanno tutti, mentre altri, come i gufi, ne hanno solo una parte. Tutti questi meccanismi possono stimolare innovazioni nella bio-mimica e una parte di essi, come la pelle attiva, è già utilizzata. Qui viene presentata una breve rassegna di tali meccanismi.

SINTONIZZAZIONE

In natura, esistono esempi in cui vengono utilizzate procedure di adattamento acustico nel dominio del tempo per modificare i segnali al fine di migliorare le prestazioni.

Un esempio di "SINTONIZZAZIONE" in natura l'hanno dimostrato Lardner e bin Lakim [*Lardner, B., bin Lakim, M., Tree-hole frogs exploit resonance effects, Nature, 420, p. 475, 5.12.2002*], dimostrando che la rana maschio del buco dell'albero di Burnean ha la rara proprietà di ricercare in modo adattivo l'intonazione del suo richiamo per adattarlo alla risonanza del buco dell'albero in cui si trova.

Questa tecnica è più facile per la rana, poiché il suo richiamo ha una pulsazione tonale semplice, con una frequenza fondamentale dominante e praticamente assenza di modulazione di frequenza.

La procedura adattiva prevede la variazione dell'intonazione fino alla regolazione della frequenza che produce il livello massimo.

Questa sintonizzazione della vocalizzazione punta a livelli elevati per migliorare l'attrazione verso le femmine di rana.



LA STRUTTURA DI ACCOPPIAMENTO BIOMIMETICA BASATA SUL LEGNO

Ma Y, Ye W. *Biomimetic Coupling Structure Increases the Noise Friction and Sound Absorption Effect*. *Materials (Basel)*. 2023 Nov 13; 16 (22):7148. doi: 10.3390/ma16227148. PMID: 38005078; PMCID: PMC10672817.

Il LEGNO presenta un'intricata architettura porosa multiscala in grado di dissipare l'energia acustica. Questo studio analizza una struttura fonoassorbente biomimetica composta da pori gerarchici ispirati alle reti vascolari delle cellule del legno. I risonatori perforati inducono risposte di frequenza complementari ed effetti di propagazione porosa per un'attenuazione a banda larga.

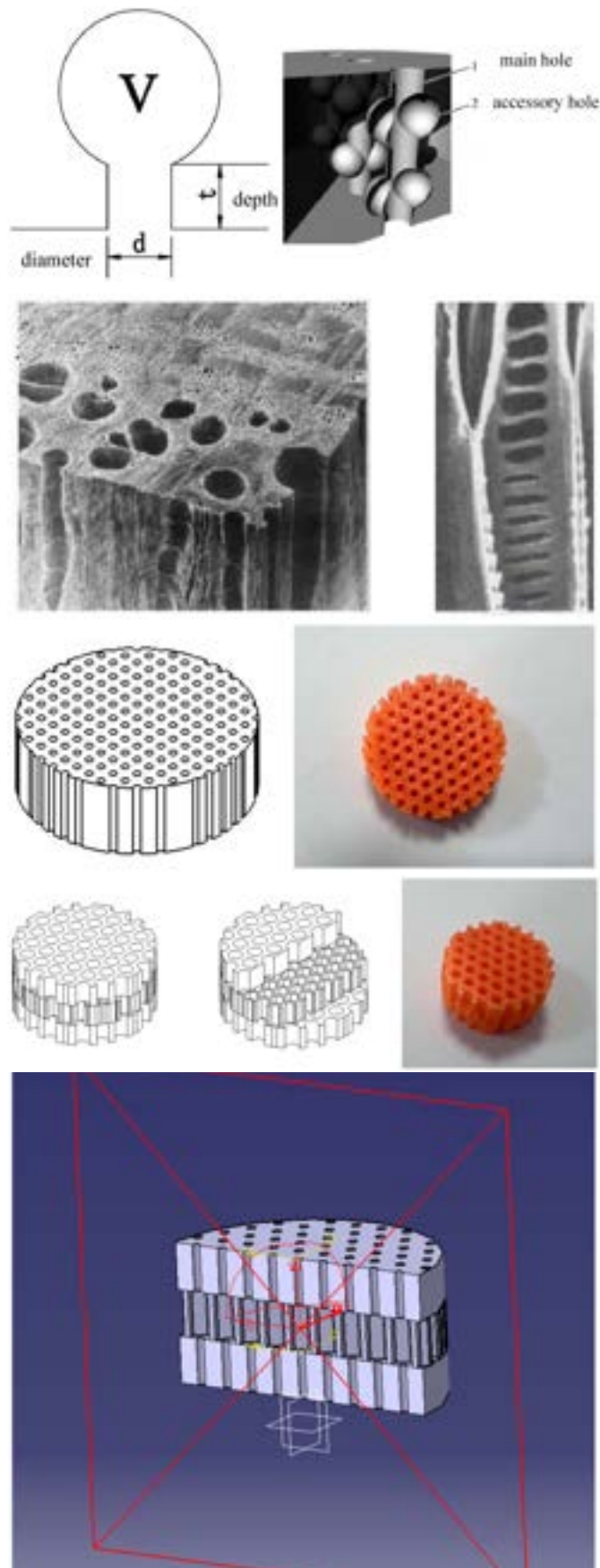
FABBRICAZIONE: I campioni sono stati fabbricati con la stampa 3D per effettuare test sistematici.

CARATTERISTICHE: Le dimensioni dei pori, la porosità, il numero di strati e l'ordine degli strati sono stati controllati come variabili sperimentali. La caratterizzazione del tubo di impedenza acustica ha dimostrato che l'ottimizzazione di questi parametri architettonici consente di ottenere coefficienti di assorbimento prossimi all'unità in un'ampia gamma di frequenze.

Le architetture porose multistrato messe a punto hanno superato le prestazioni di base dei pori singoli, ottenendo un aumento dell'assorbimento medio fino al 25-35%.

I progetti di pori accoppiati bio-ispirati hanno anche mostrato una larghezza di banda di lavoro più ampia del 95%. Questi miglioramenti derivano dall'aumento delle perdite viscose e dall'adattamento dell'impedenza generato dalla POROSITÀ GERARCHICA. Questo studio (Yunhai Ma, Wei Ye) chiarisce le linee guida per la progettazione di metamateriali acustici biomimetici derivati dalla morfologia porosa del legno.

I risultati mostrano una promessa significativa per lo sfruttamento di queste geometrie cellulari multiscala in materiali e dispositivi futuri per il controllo del rumore e le applicazioni di ingegneria dissipativa in diversi settori.



CONCLUSIONI

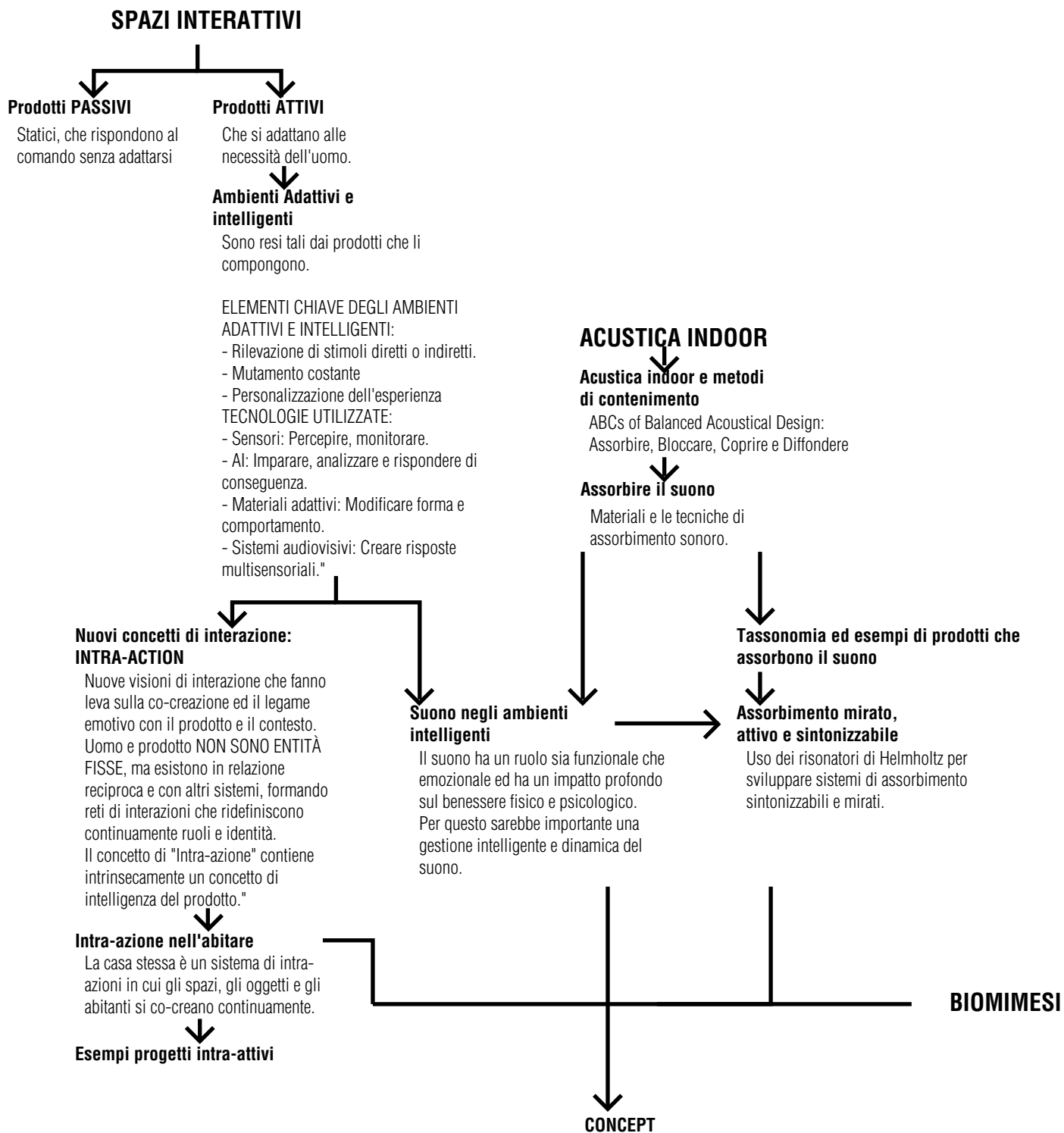
Più studiamo il suono e le vibrazioni e la natura, più scopriamo le somiglianze e i legami tra natura e tecnologia. In natura il suono e le vibrazioni sono utilizzati per la sopravvivenza. Questa definizione è buona sia per la preda che per il cacciatore. Il suono crea anche mezzi di attrazione e comunicazione. Ogni tipo di animale che utilizza il suono o la vibrazione ha sviluppato con l'evoluzione abilità speciali dedicate alle sue esigenze. Sistemi radar e sonar, dispositivi vibro-tattili, pelli acustiche per l'assorbimento e l'isolamento del suono sono mezzi che esistono sia in natura che nella tecnologia. Tuttavia, la natura può stimolare ulteriori idee progettuali e dispositivi basati su concetti di suono e vibrazione già esistenti. Tuttavia, nella maggior parte delle aree della biologia acustica siamo lontani dal comprendere appieno i loro algoritmi elettrochimici, il che a sua volta richiede e incoraggia lo svolgimento di un ampio lavoro scientifico puro prima della fase di ricerca e sviluppo tecnologico.

Sono stati indagati diverse soluzioni e approcci che la natura impiega per smorzare le vibrazioni o per sintonizzarsi sulle frequenze specifiche, oltre a quelli inseriti in questo dossier.

Avendo compreso che la natura di una sintonizzazione acustica dipende, anche in natura, principalmente da sistemi che sfruttano il principio del risonatori di helmholtz, si è deciso di applicare l'approccio biomimetico nella progettazione della struttura e delle funzionalità del prodotto progettato. Per una questione di narrazione e presentazione del progetto, onde evitare ripetizioni, gli aspetti e gli organismi indagati sono riportati nel capitolo "ACOFEA".



SINTESI RICERCA





**DEFINIZIONE IDEA
PROGETTUALE**

1 DEFINIZIONE PROGETTO

Progettare un prodotto che risolva tutto non mi è possibile.

Pertanto è bene ipotizzare un sistema che permetta di gestire ogni aspetto del suono tramite diversi prodotti che comunicano e lavorano insieme. Successivamente ci si è focalizzati sulla progettazione di un prodotto specifico con la sua funzione specifica: l'assorbimento.

Il prodotto non risolve il problema, ma contribuisce alla sua risoluzione all'interno di un sistema più grande.

DESCRIZIONE DELL'IDEA PROGETTUALE

Il progetto consiste nello sviluppo di un sistema intelligente di trattamento acustico, capace di modulare dinamicamente le proprie proprietà fonoassorbenti in risposta al comportamento degli utenti e alle condizioni sonore di un ambiente indoor.

Il sistema, al fine di sintonizzarsi sulle frequenze dominanti del rumore o del parlato, si configura come una superficie adattiva che varia il proprio assorbimento acustico agendo sui volumi e le dimensioni dei risonatori di Helmholtz attivi.

Il sistema non è passivo, ma risponde attivamente e fluidamente al cambiamento, costruendo un ambiente sonoro su misura, senza richiedere intervento diretto da parte dell'utente.

L'intelligenza del prodotto è data anche dalla relazione che questo instaura con lo spazio e l'utente, in cui l'utente influenza il sistema e ne viene a sua volta influenzato, anche a livello percettivo ed emotivo.

OBIETTIVO PROGETTUALE

“Progettare un prodotto per il trattamento acustico intelligente, che si adatti dinamicamente al comportamento degli utenti per migliorare la qualità percettiva degli ambienti indoor.”

REQUISITI PROGETTUALI

1. **ASSORBENZA SONORA ADATTIVA:** Regolazione del comportamento acustico tramite strutture mobili (come cavità deformabili, membrane o attuatori bio-ispirati).
2. **INTRA-ATTIVITÀ:** Relazione continua tra spazio e utente, in cui l'utente influenza il sistema e ne viene a sua volta influenzato, anche a livello percettivo ed emotivo.
3. **ESTETICA SENSORIALE:** Il sistema si presenta non solo come funzionale, ma anche visivamente e spazialmente espressivo, contribuendo al comfort ambientale e alla consapevolezza dell'utente.
4. **SCALABILITÀ E APPLICABILITÀ:** Il sistema deve essere pensato per contesti diversi, dall'ambiente domestico a quello collettivo, mantenendo efficienza, sicurezza e sostenibilità.

Sono 2 gli aspetti principali da curare:

1. INTRA-AZIONE
2. ASSORBIMENTO

INTRA-AZIONE

Alla base di questo obiettivo c'è la volontà di rendere l'uso del prodotto gradevole ed immediato per l'utente, lavorando sull'interfaccia e sulla sua esperienza durante l'uso.

Ma lavorare sulle modalità di interazione significa anche aumentare le potenzialità comunicative che il prodotto ha riguardo alla sua funzione.

Nello specifico, l'assorbimento sonoro come il trattamento acustico in generale, è un aspetto spesso sottovalutato. L'idea che mi sono fatto a seguito della ricerca è che questo sia dovuto al fatto che il suono sia considerato al pari dell'aria, in quanto invisibile agli occhi. Per quanto sia importante la percezione uditiva, si tende ad ignorare ciò che si percepisce con gli altri sensi che non siano la vista, a meno che non vi siano input estremi come rumori forti o improvvisi. Si tende ad ignorarli fino al limite della sopportazione, che è il momento in cui ci accorgiamo della loro presenza.

Comunicare ed evidenziare una funzione che spesso viene svolta passivamente, può essere utile ad informare ed educare l'utente.

Per questo motivo, un altro degli obiettivi di questo progetto è rendere EVIDENTE agli altri sensi, ciò che possiamo percepire con uno solo di essi.

Lavorare sulle modalità di interazione, dunque, significa informare l'utente anche tramite la percezione e non solo sull'informazione didascalica (dati specifici sotto forma di testo o grafici).



ASSORBIMENTO

Per quanto riguarda l'aspetto dell'assorbimento, mi sono affidato a due persone con maggiori competenze sul tema.

Nello specifico ho contattato ed instaurato un rapporto di collaborazione con il dr. Reza Hedayati ed il dr. Abas Dalvand della Facoltà di Ingegneria Meccanica presso la KNTU (Khajeh Nasir Toosi University of Technology) di Teheran in Iran.

Ho contattato loro in quanto entrambi hanno partecipato alla stesura del paper analizzato durante la ricerca (*Hedayati, R.; Lakshmanan, S.P. Active Acoustic Metamaterial Based on Helmholtz Resonators to Absorb Broadband Low-Frequency Noise. Materials 2024, 17, 962. <https://doi.org/10.3390/ma17040962>*).

In particolare con l'aiuto del dr. Dalvand è stato possibile definire i volumi di risonanza e fare delle simulazioni tramite software.



1928

**K. N. Toosi University
of Technology**

2 DEFINIZIONE SCENARI D'USO

DEFINIZIONE DEL CONTESTO E DELL'UTENTE

In questa fase sono andati a fare una comparazione tra i diversi contesti e gli utenti che vi abitano.

Nella prima tabella sono stati messi in relazione il contesto con le azioni tipiche svolte all'interno del contesto e i relativi problemi acustici che potrebbero scaturire e su cui si potrebbe agire.

Nella seconda tabella si è messo in relazione l'utente che abita il contesto della precedente tabella, le caratteristiche e abitudini possibili di questi utenti e i relativi bisogni acustici in relazione, non al contesto, ma all'azione.

Durante le successive fasi di progettazione si è deciso di focalizzarsi sugli spazi come ristoranti, hall, hotel, conference room, etc.

	CONTESTO	AZIONI TIPICHE	PROBLEMI SONORI
	Soggiorno / living	Guardare film Socializzare, chiacchierare Ascoltare musica Rilassarsi	Riverbero Rumori di fondo
	Studio / Home office	Lavorare Chiamare al telefono	Suoni disturbanti Necessità di privacy Personalizzazione postazione Privacy sonora
	Sala ristorante / Hall	Parlare Accogliere Ascoltare musica Vedere il cibo	Rumore ambientale Rumore diffuso
	Sala coworking / uffici	Concentrazione Riunioni Collaborazione	Privacy sonora Suoni disturbanti Necessità di privacy Personalizzazione postazione

	UTENTE	CARATTERISTICHE PRINCIPALI	BISOGNI ACUSTICI
	Abitante domestico	Vive in casa Cerca comfort e benessere	Relax Silenzio Suoni personalizzati Riduzione del riverbero in situazioni colloquiali.
	Lavoratore da remoto	Usa lo spazio domestico o coworking per lavorare	Concentrazione Privacy sonora Gestione chiamate Personalizzazione dell'ambiente
	Ospite/visitatore	Frequenta hall, ristoranti, hotel, spazi pubblici	Esperienza piacevole, immersiva o rilassante Riduzione del riverbero in situazioni colloquiali
	Professionista	Lavora in studi, coworking o uffici (musica, design, contenuti)	Qualità sonora Risposta acustica precisa Personalizzazione dell'ambiente Privacy sonora



**CONCEPT
INIZIALI**

1 IPOTESI DELLE FUNZIONI

Sono state ipotizzate una serie di funzioni, oltre a quelle basilari al suo funzionamento, con l'intenzione di progettare qualcosa che potesse avvicinarsi alla domotica moderna, migliorare l'esperienza d'uso e creare ambienti sensoriali.

4 FUNZIONI PRINCIPALI:

- Illuminazione primaria
- Illuminazione secondaria
- Diffusione (Stereo o ambiente)
- Assorbimento sonoro

Di queste funzioni, la prima è legata alla DOMOTICA, la seconda è la terza sono legate all'ESPERIENZA e l'ultima è la funzione principale di FOCUS.

Il problema di questo elenco di funzioni è la **perdita del focus dalla funzione principale**. Pertanto, nel concept finale saranno ridotte per **concentrarsi sull'assorbimento**. Nello specifico quelle legate all'esperienza saranno sostituite con l'informazione.

DOMOTICA

ESPERIENZA

FOCUS

ID	FUNZIONI	DESCRIZIONE
F1	BASE	Sono tutte quelle funzioni necessarie al funzionamento base e fondamentali per tutte le altre funzioni.
F2	CONTROLLO E INTERFACCIA	Sono tutte quelle funzioni necessarie all'utente per interfacciarsi con il prodotto ed gestire tutte le altre funzioni
F3	LUCE PRINCIPALE	Sono tutte quelle funzioni necessarie alla gestione dell'illuminazione Principale.
F4	LUCE SECONDARIA	Sono tutte quelle funzioni necessarie alla gestione dell'illuminazione Secondaria.
F5	SUONI AMBIENTALI	Sono tutte quelle funzioni necessarie alla gestione dei suoni ambientali messi a disposizione dal prodotto.
F6	STEREO	Sono tutte quelle funzioni necessarie alla gestione dei suoni che provengono dalla connessione di dispositivi esterni.
F7	ASSORBIMENTO SONORO	Sono tutte quelle funzioni necessarie all'assorbimento sonoro attivo.
F8	INTER CONNESSIONE	Sono tutte quelle funzioni necessarie alla gestione di più dispositivi connessi tra di loro.
F9	PROFILO SCENARIO	Sono tutte quelle funzioni necessarie alla gestione dei profili scenari che permettono una regolazione più rapida di tutte le funzioni del dispositivo.
F10	FEEDBACK	Sono tutte quelle funzioni necessarie alla restituzione di feedback all'utente

2 IPOTESI FORMALI

CONCEPT 1 (PIGNA)

Con questo concept si è cercato di fare un passo in più verso la variabilità dei volumi dei risonatori, cercando di renderli flessibili o appiattendone i meccanismi di movimento per ridurne lo spazio occupato.

Si è lavorato su sistema di movimento alternativo, rispetto al sistema a cilindri e stantuffi di risonatori di Helmholtz proposto da Hedayati 2024.

Per ottenerlo ci si è ispirati al movimento di apertura e chiusura delle Pigne.

Molti sistemi viventi modificano le loro proprietà fisiche, come le dimensioni, la forma, la massa o il volume. Queste modifiche avvengono in risposta alle esigenze del sistema vivente e/o al cambiamento delle condizioni ambientali.

Un esempio di elemento che in natura si apre e si chiude sono proprio le pigne. Queste sono in grado di stendere o arricciare la loro struttura in base all'umidità percepita.

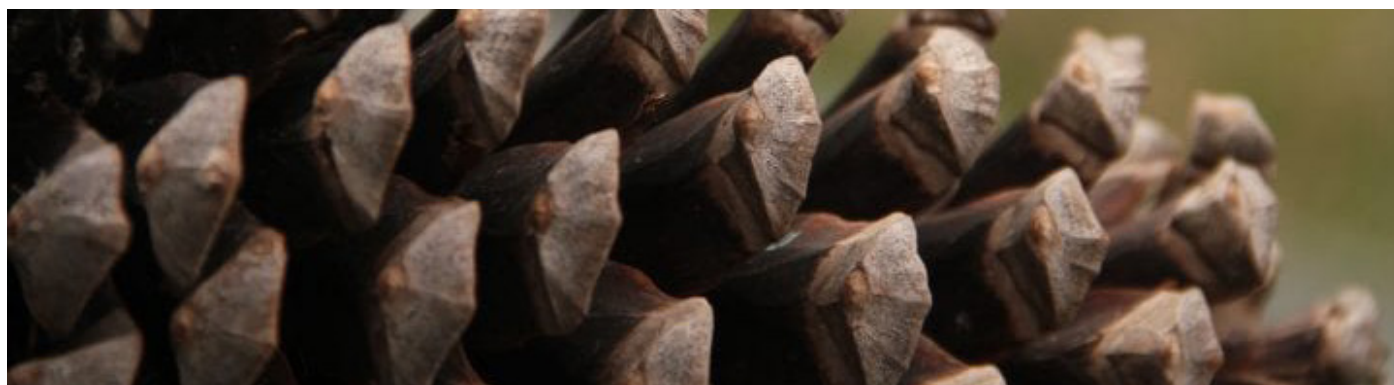
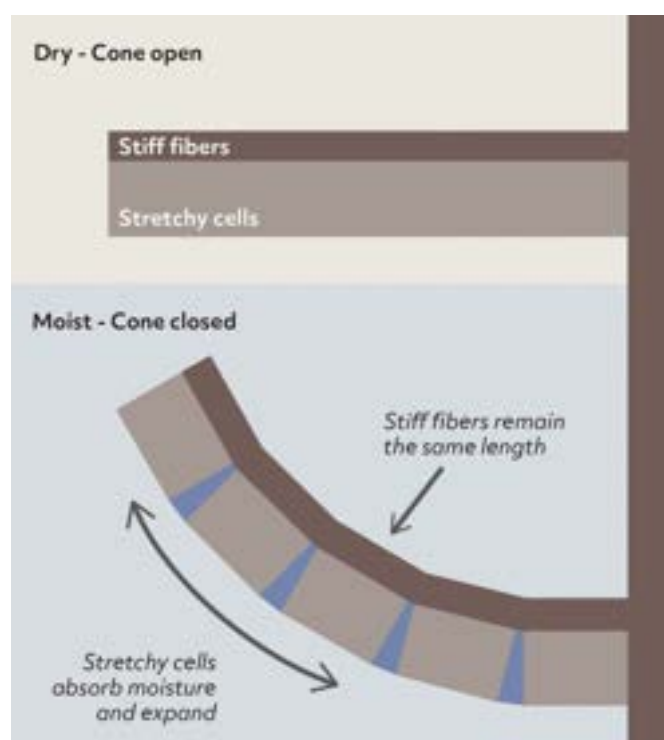
Un leggero aumento dell'umidità induce le pigne ad arricciare le squame per evitare una dispersione inefficace dei semi in caso di tempo umido.

Il segreto sta nella struttura delle scaglie. Le squame delle pigne hanno più strati con qualità diverse. Il lato più esterno della squama (che è rivolto verso il basso quando le squame sono aperte) è costituito da uno strato di cellule elastiche e poco compatte. Lo strato più interno (rivolto verso l'alto quando le squame sono aperte) è costituito da fibre rigide strettamente impacchettate come cavi.

Quando le squame sono aperte e l'aria diventa umida, le gocce d'acqua iniziano a cadere o a depositarsi sullo strato superiore. L'acqua scivola verso il gambo centrale del cono e viene incanalata all'interno della squama. Lì, l'acqua riempie le cellule e gli spazi vuoti

tra di esse. Questo strato si espande e si allunga, mentre lo strato superiore, meno flessibile, rimane più teso. Le squame si piegano verso l'alto al centro fino a chiudersi completamente.

<https://asknature.org/strategy/pine-cones-open-and-close-in-response-to-weather/>

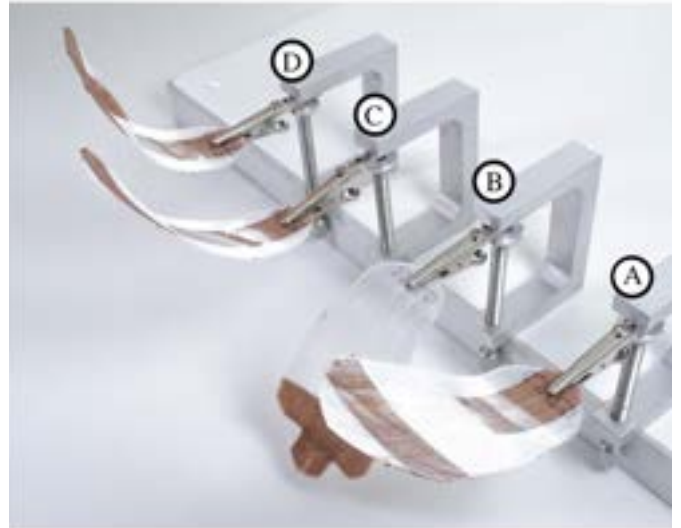


Ad oggi esistono alcune sperimentazioni con cui hanno simulato la struttura delle squame delle pigne, ma il risultato è un materiale promettente, che però ha attualmente troppo poca sperimentazione alle spalle.

Oltre al fatto che potrebbe rendere il prodotto esageratamente **complesso e costoso** nelle fasi di produzione, è **difficile da controllare** e **non possiede sufficiente forza meccanica** a muovere dei risonatori.

Inoltre la regolazione dell'umidità o l'uso dell'acqua **non sembrano essere il metodo più efficace per ottenere un movimento sufficientemente rapido.**

Correa, D., Poppinga, S., Mylo, M. D., Westermeier, A. S., Bruchmann, B., Menges, A., & Speck, T. (2020). 4D pine scale: biomimetic 4D printed autonomous scale and flap structures capable of multi-phase movement. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 378(2169), 20190445. <https://doi.org/10.1098/rsta.2019.0445>



Prendendo spunto dai lavori dello Studio Roosengaard, in particolare dal Lotus, ho ipotizzato di utilizzare metalli a memoria di forma per deformare la struttura.



CONCEPT INIZIALI

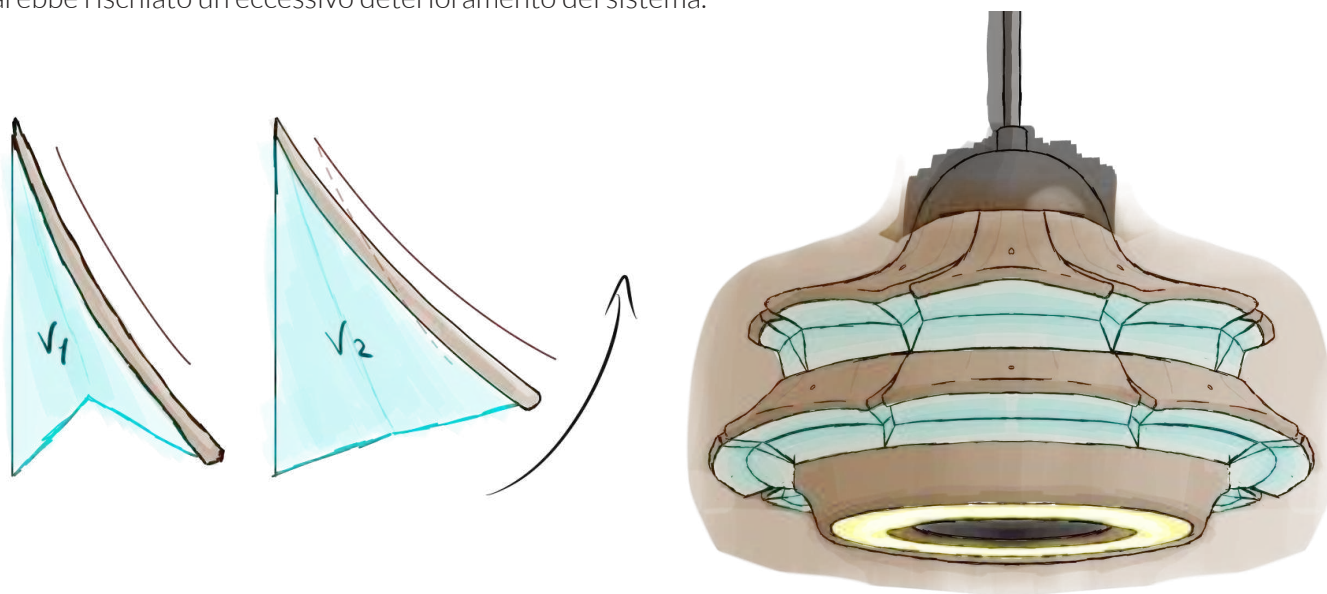
Qui prende forma il primo concept: Una lampada da soffitto con risonatori a soffietto intorno. Presenta uno stereo e dei LED dimmerabili principali ed RGB secondari.



Per quanto riguarda l'uso dei risonatori ho ipotizzato un tipo di risonatore "flessibile" a soffietto, il cui volume interno cambierebbe grazie alle pieghe delle sue pareti.

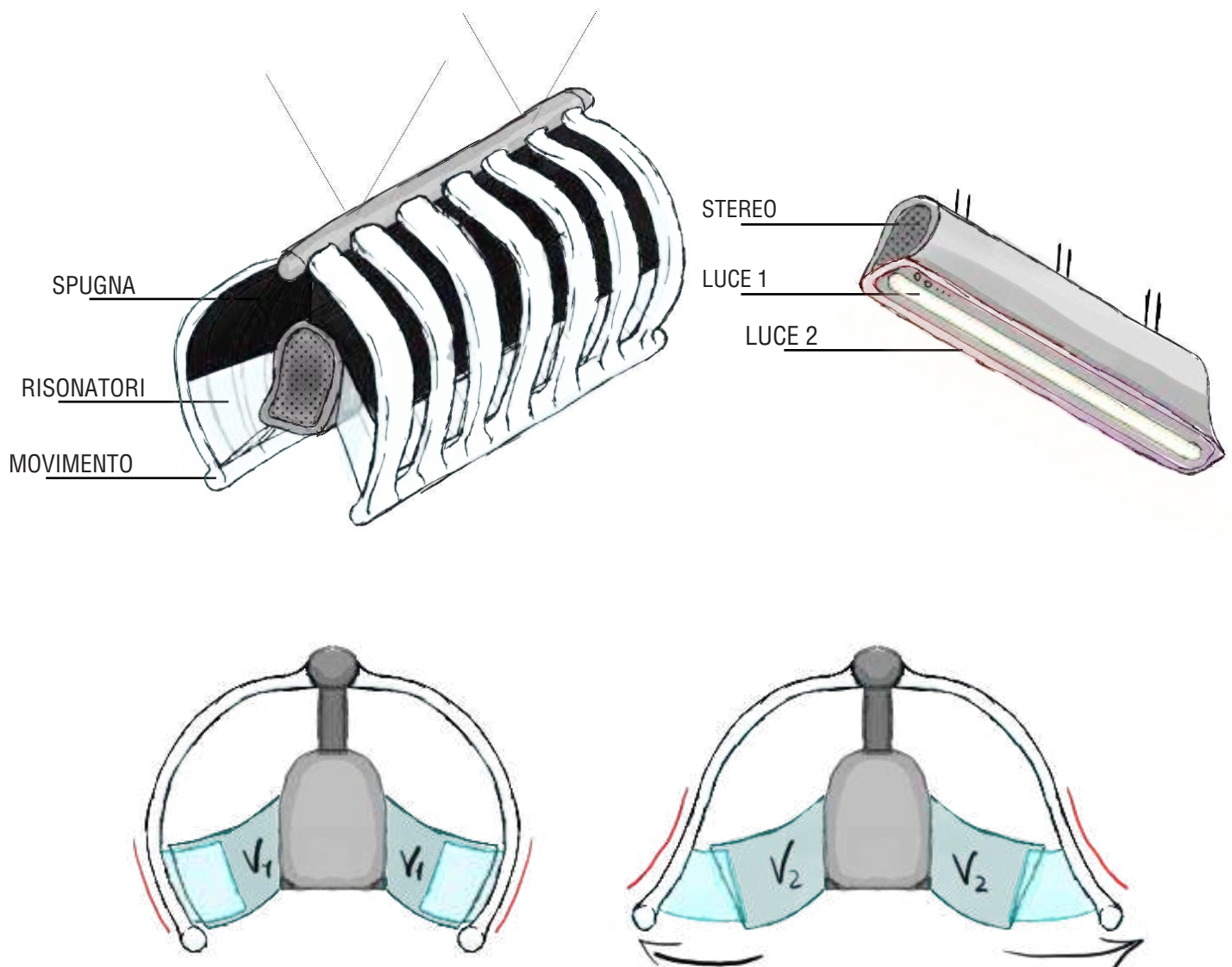
Questo tipo di soluzione, ridurrebbe l'attrito sugli attuatori, ma renderebbe la frequenza di risonanza troppo variabile per essere accettabile in termini di reale assorbimento.

A muovere i risonatori ci sarebbero state delle lastre in DEA, (elastomeri dielettrici), ma il movimento richiesto, oltre ad essere difficile da controllare, non sarebbe stato sufficientemente veloce nelle fasi di raffreddamento. Si sarebbe rischiato un eccessivo deterioramento del sistema.



CONCEPT 2

Per ovviare al problema dell'imprevedibilità dei volumi di risonanza data dal soffiutto, ho ipotizzato un altro concept che utilizza il più classico sistema a cilindri e stantuffi già usato da Hedayati. La differenza sta nella forma, in questo caso più circolare, per permettere un'apertura intorno ad un asse orizzontale. Questo era pensato per simulare un movimento di respirazione, simile alla gabbia toracica.



Il movimento sarebbe comunque stato gestito da piastre DEA, per tanto sarebbe rimasto il problema del raffreddamento e della forza in grado di spostare.

Per quanto l'uso dei DEA sembrava promettente, dopo una più approfondita ricerca sui Materiali a Memoria di forma, sono giunto alla conclusione che questi non siano il materiale più adatto al mio progetto per diversi motivi:

- **DURABILITÀ LIMITATA:**

I materiali a memoria di forma, hanno un numero di cicli massimo oltre il quale perdono la loro "memoria". Questo è influenzato da:

- o % di deformazione,
- o Frequenza di attivazione,
- o Velocità necessaria per la deformazione,
- o Attrito o vincoli meccanici
- o Cicli incompleti o forzati

Nel caso del mio prodotto, la % di deformazione sarebbe considerata di tipo "medio", ma la frequenza di attivazione è presso che costante durante il giorno, il che porterebbe rapidamente il materiale a raggiungere il numero limite di cicli. Questo numero limite è, inoltre, ridotto dalla velocità necessaria per la deformazione che, dovendo essere più o meno elevata, richiederebbe un riscaldamento e un raffreddamento del materiale molto rapido.

Considerando che per lavorare su tutte le frequenze i cicli potrebbero essere per lo più incompleti ed il materiale dovrebbe l'attrito dei risonatori, la durata dell'efficienza del mio prodotto verrebbe ridotta a circa 2-3 anni, se progettata correttamente.

- **IMPREVEDIBILITÀ DEL VOLUME DI RISONANZA:**

Il movimento del materiale, non avvenendo tramite un processo meccanico (es. tramite attuatori) potrebbe essere influenzato da altri fattori esterni al circuito di movimento, come l'umidità, il calore della stanza, etc.

Questo, unito all'inevitabile deterioramento della "memoria" del materiale, non potrebbe garantire la precisa sintonizzazione dei volumi di risonanza.

- **PROTEZIONE:**

Se non è protetto, può ossidarsi e perdere efficienza, oltre che recare danno all'utente.

Da qui l'idea di riprendere in esame il tipo di risonatore simile a quello prototipato da Hedayati 2024, con attuatori lineari.

CONCEPT 3

FUNZIONI

Per questo concept, rispetto a quelli precedenti, si è deciso di andare a ridurre le funzioni al fine di mantenere il focus sull'aspetto dell'assorbimento attivo, cercando comunque di progettare un prodotto che agisse anche sulla percezione dell'ambiente.

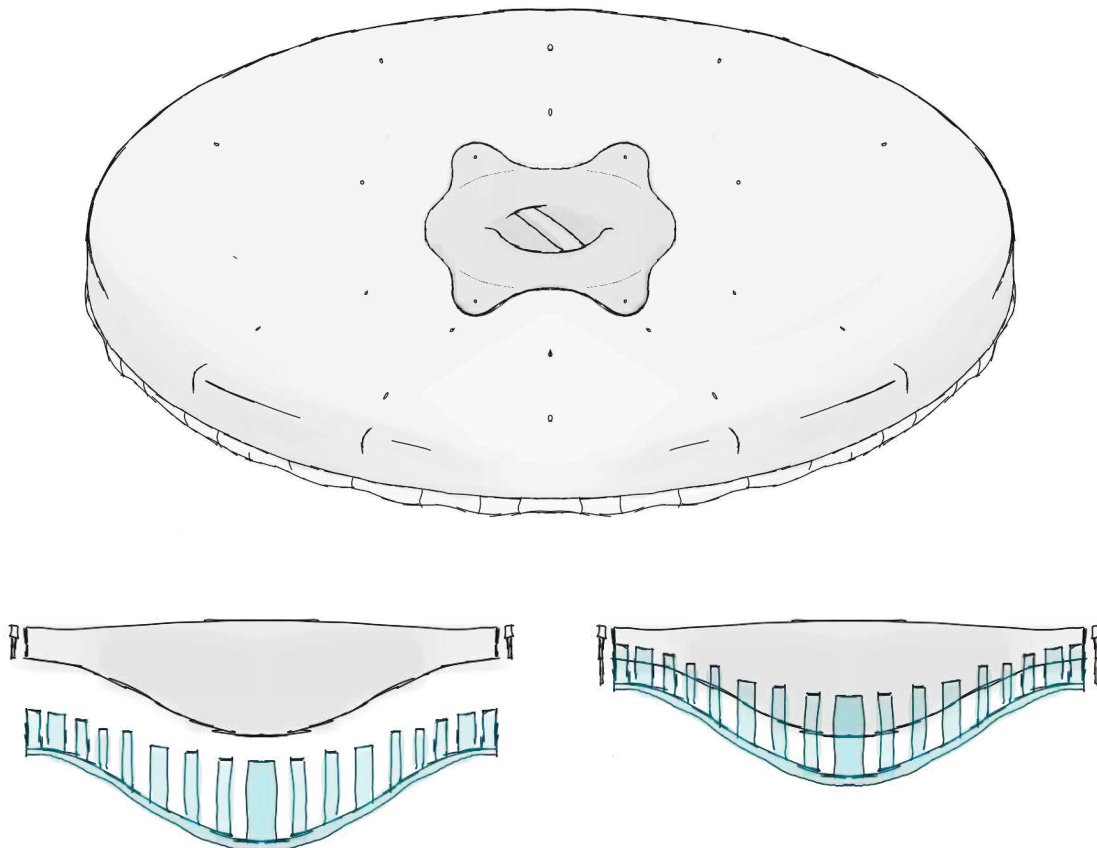
Il dispositivo ha 3 funzioni chiave, oltre a quelle di comunicazione e di base:

- Illuminazione
- Assorbimento
- Informazione

In questo concept il progetto è pensato, come per i concept precedenti, come una lampada da soffitto. Questa è caratterizzata da 5 rialzi che si muovono verticalmente come se si gonfiassero e sgonfiassero.

Questi rialzi sono dovuti dai risonatori che si alzano e abbassano.

L'intento, come per gli altri concept, è quello di evidenziare il movimento piuttosto che nascondere.



Questo concept prevede una struttura in tubolari interna, nascosta da una scocca in plastica su cui sono stampati anche i risonatori +. Sulla struttura vengono anche fissati i motori che sono collegati ad una scatola che contiene il MC e tutti gli altri componenti elettronici e che è posta al centro della scocca.

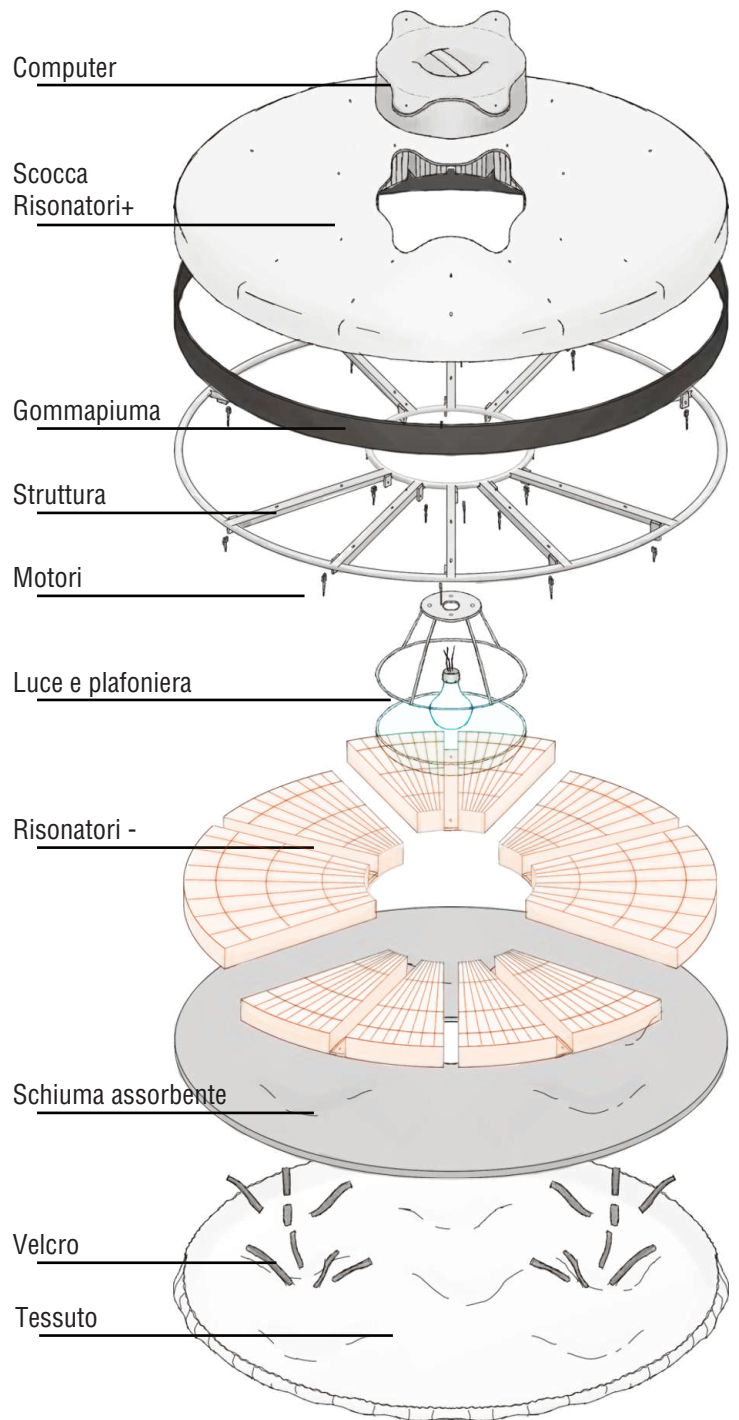
I Risonatori – sono attaccati direttamente ai Motori e sono divisi in 5 pezzi, tanti quanti sono i rialzi.

Al centro c'è poi una plafoniera con la luce dimmerabile.

Sotto i risonatori, si è pensato di attaccarvi uno strato di schiuma assorbente (Poliuretano espanso).

Per rendere il tutto più gradevole alla vista, si è pensato di coprire tutta la parte inferiore, ossia quella che si muove, con un tessuto elastico cucito o incollato.

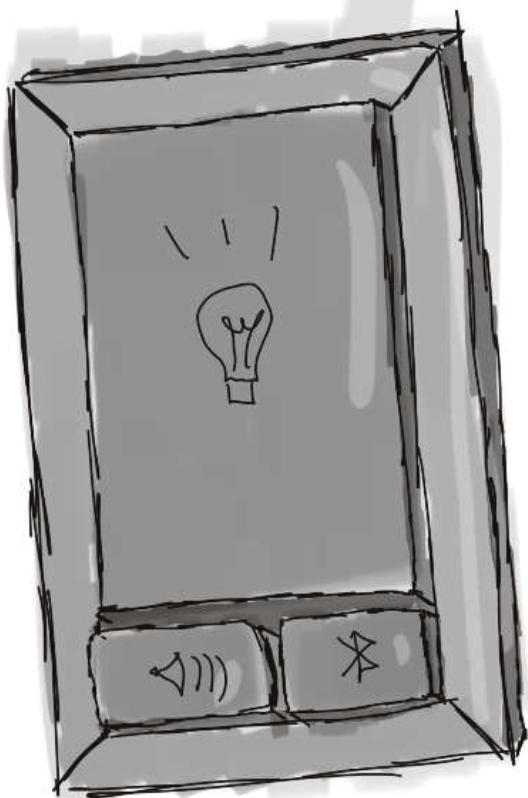
L'intenzione era quella di nascondere i meccanismi interni, conferendogli un aspetto più minimale ed elegante, ma mantenendo comunque la visibilità del movimento.



È pensato per mettersi in comunicazione con altri risonatori e con l'utente tramite un'applicazione ed una consolle di gestione.

Dall'app l'utente può gestire qualsiasi funzione, mentre la consolle serve ad attivare e disattivare rapidamente tutte le funzioni base.

La consolle è pensata per essere attaccata al muro in modo da funzionare come un classico interruttore.



CONCEPT INIZIALI

Essendo l'acustica un tema sottovalutato, si è deciso di unire la capacità di assorbimento del prodotto ad una funzione di illuminazione intelligente.

Per questo motivo, questo concept è dotato anche di un sistema di illuminazione automatico o manuale, con LED dimmerabili in intensità e calore in base alla luce solare.



3 OBIETTIVO

Dopo alcune riflessioni sono sorte alcune importanti criticità in questo concept che hanno portato alla definizione di nuovi obiettivi al fine di fare un ulteriore passo avanti verso la definizione di questo progetto.

Questi obiettivi riguardano soprattutto l'aspetto e il movimento.

ASPETTO:

Deve avere un aspetto più organico, più simile a un qualcosa di vivo che reagisce agli stimoli.

- Più organico
- Vivo
- Reagisce agli stimoli
- Meno Lampada

C'è bisogno di migliorare la comunicazione in termini estetici del prodotto.

Con l'attuale aspetto traspare poco la sua effettiva funzione e il movimento non è messo minimamente in risalto.

MOVIMENTO:

Il movimento deve essere più accentuato e soprattutto deve essere visibile da tutti i punti di vista.

- Più accentuato
- Visibile da tutti i POV
- Attirare l'attenzione
- Performance

Deve essere un movimento che attiri l'attenzione e sia in grado anche di creare delle ipotetiche performance.

- Vincolo lineare
- Cilindro e stantuffo

Questo obiettivo deve essere raggiunto considerando i vincoli del movimento lineare e della forma dei risonatori che deve essere a cilindro e stantuffo.

COMUNICAZIONE:

Anche a livello di comunicazione, sarebbe il caso che il prodotto riesca a trasmettere la stratificazione dei concetti scientifici presenti nella ricerca presente in questo dossier. Specialmente nell'ambito biomimetico che sarà approfondito nelle pagine successive.

- Stratificazione dei concetti scientifici

ACOFEA



**DISPOSITIVO FONOASSORBENTE BIOISPIRATO PER UN'ACUSTICA
INTRA-ACTIVA, ADATTIVA E INTELLIGENTE**

1 PROGETTO

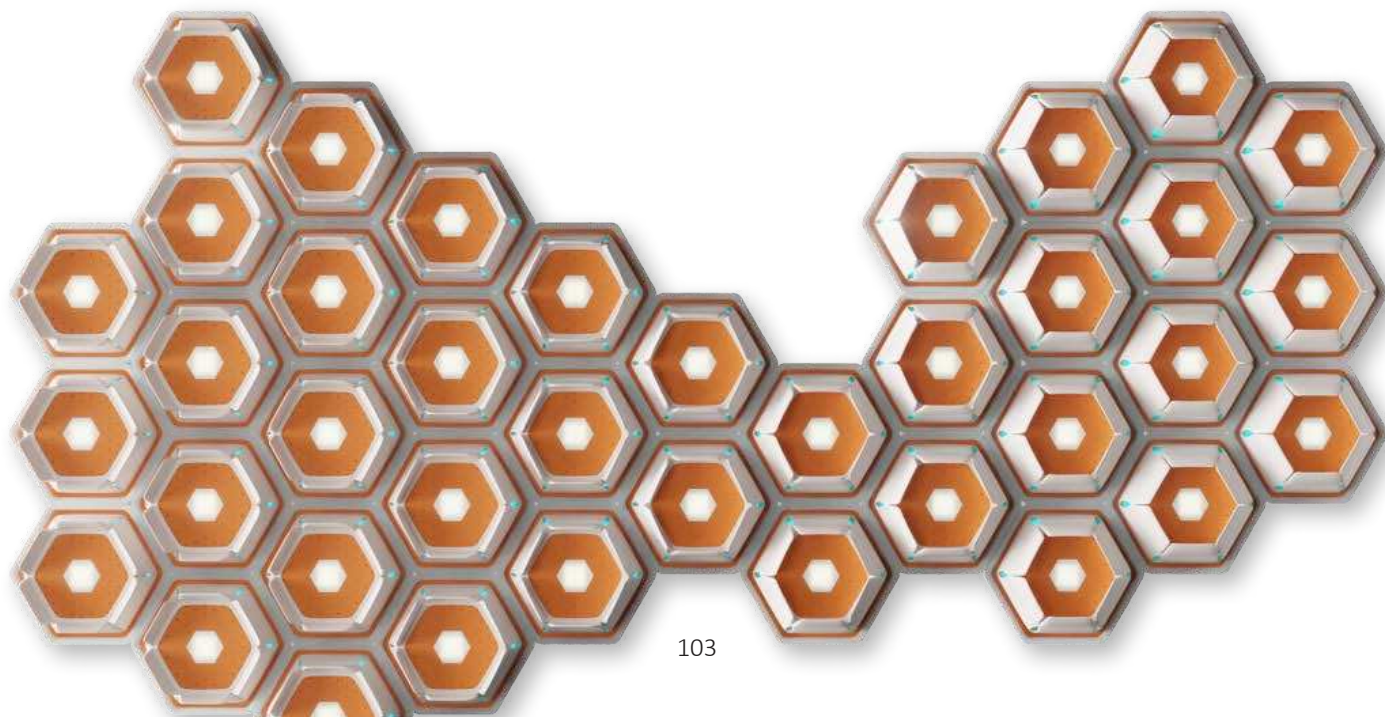
ACOFEA è un sistema modulare bio-ispirato fonoassorbente che contribuisce alla qualità acustica degli ambienti indoor in modo adattivo e intelligente.

ACOFEA non è un semplice pannello, ma un dispositivo attivo e responsivo, in quanto capace di cambiare forma in funzione delle frequenze di risonanza rilevate, per ottenere un assorbimento sonoro mirato.

Questo risultato è ottenuto grazie ad un sistema di attuatori che, ispirandosi al principio di Helmholtz, regola autonomamente il volume di cavità dei risonatori interni per sintonizzarsi sulle frequenze indesiderate.

L'approccio biomimetico ha permesso di valorizzare il movimento necessario alla sintonizzazione acustica, rendendolo parte integrante del linguaggio espressivo del prodotto, anche grazie a un muscolo in silicone che enfatizza l'azione dei risonatori. Questa scelta evidenzia il ruolo attivo del dispositivo nella co-creazione di un ambiente sensoriale sano e confortevole, in cui l'utente partecipa consapevolmente.

ACOFEA è pensato per poter essere unito ad altri dispositivi per creare una vera e propria barriera di assorbimento sonoro, simile ad una barriera corallina.



FUNZIONI DI ACOFEA

ASSORBIMENTO SONORO MIRATO

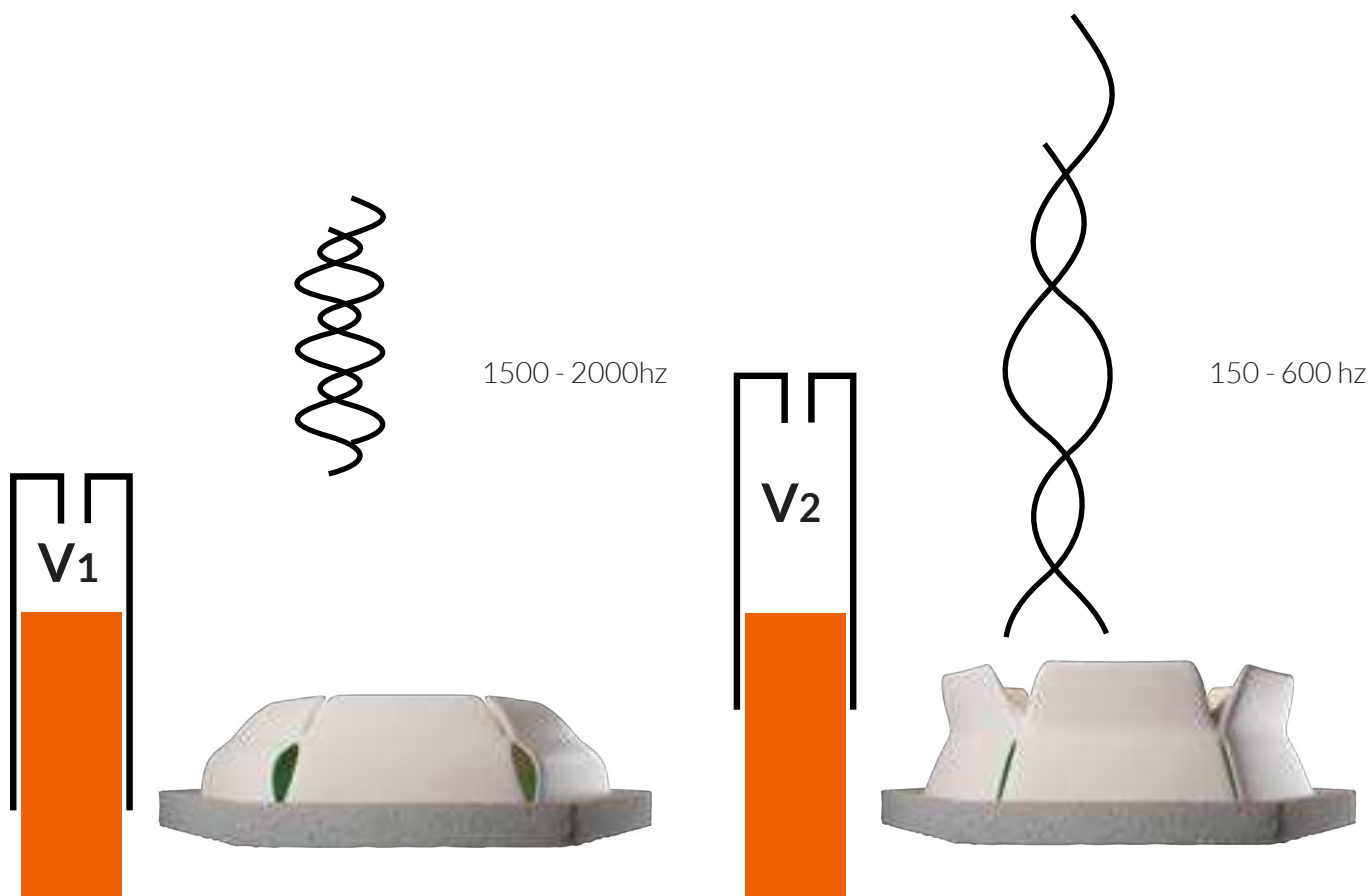
ACOFEA non assorbe passivamente il suono, ma lo seleziona.

Il principio si ispira ai risonatori di Helmholtz, adattandoli in forma attiva, sintonizzabile e intelligente.

In base alle frequenze rilevate da un microfono, l'unità di controllo regola l'estensione dei motori a cui sono collegati dei risonatori.

In questo modo è possibile sintonizzare i risonatori variandone il volume di cavità.

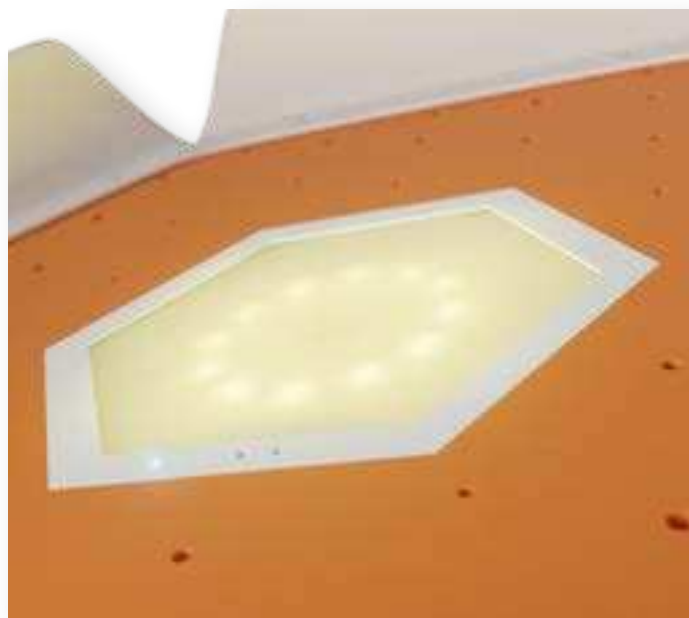
Ogni risonatore lavora su un range di frequenze di circa 200Hz. Essendo dotato di un array di risonatori che lavorano su frequenze diverse, ACOFEA è in grado di assorbirle sintonizzandosi sul range percepito.



ILLUMINAZIONE SMART

ACOFEA approfondisce un'interazione dinamica tra l'utente e il suono, al fine di contribuire al miglioramento della percezione sonora negli spazi abitativi e collettivi contemporanei, nei quali l'acustica riveste un ruolo fondamentale, ma spesso sottovalutato.

A contribuire alla creazione di un ambiente sensoriale, si è deciso di unire la capacità di assorbimento ad una funzione di illuminazione intelligente. Per questo, ACOFEA è dotato di una luce principale intelligente, che può essere accesa come fonte di luce classica o con regolazione dell'intensità in base alla luce solare presente nell'ambiente. Un secondo sistema di LED RGB sottolinea visivamente il movimento dei risonatori durante la sintonizzazione acustica.



GESTIONE DALL'APP

Le funzioni di ACOFEA vengono gestite direttamente tramite l'app.

Ci sono due modalità di accesso:

- **Guardiano:** è il profilo da amministratore che permette di connettersi ai pannelli e gestirne le funzioni.
- **Visitatore:** è il profilo da ospite che permette di visualizzare le mappe sonore aggiornate tramite il cloud.

ACCESSO GUARDIANO

GESTIRE FUNZIONI

Accedendo come Guardiano ci si può connettere al primo dispositivo, che diventerà il master. Una volta che la connessione sarà instaurata il dispositivo resterà salvato e alla successiva accensione sarà sufficiente premere "Connetti" per avviarlo.

Una volta connessi è possibile attivare e disattivare tutte le funzioni.

Basta premere su connetti e si avrà accesso alle funzioni di assorbimento, illuminazione smart e non.

Dal pannello in basso nella home è possibile attivare le funzioni premendo semplicemente sul pulsante corrispondente.

È inoltre possibile vedere i lumen e le frequenze medie che la rete o il singolo pannello sta emettendo o catturando.

Nelle immagini sono presenti alcune delle combinazioni di funzione che l'utente può ottenere attivando le funzioni.

Queste sono indipendenti l'una dall'altra, quindi l'utente può decidere di attivare solo l'assorbimento, solo la luce, tutto insieme, ecc.

RINOMINARE DISPOSITIVI

Il sistema nell'app è pensato per far percepire all'utente che acofea è un dispositivo vivo.

È possibile anche rinominare i pannelli a cui si è connesso.

In base alle funzioni attive, anche il modello nell'app si attiva tramite delle animazioni.

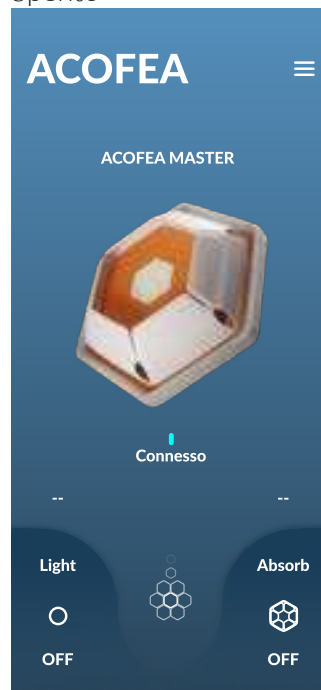
Disconnesso



Connesso, funzioni attive



Spento



Solo Luce Auto

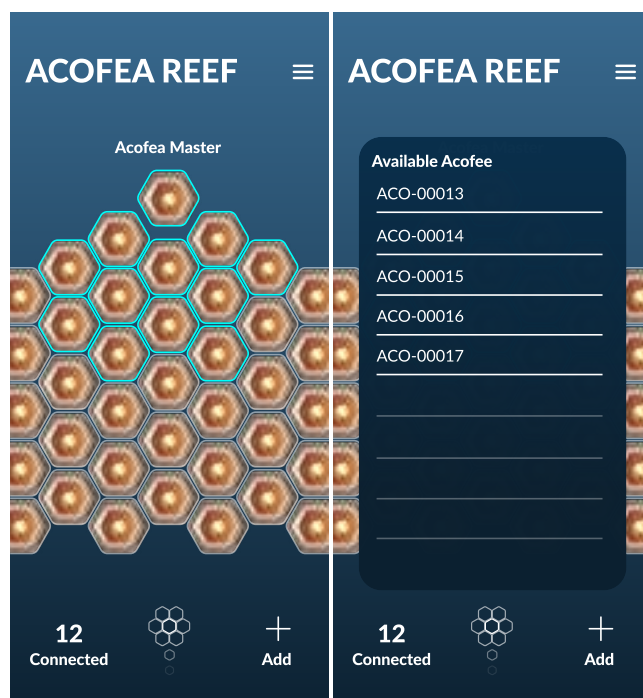


GESTIRE CONNESSIONI

Dall'app è possibile anche creare una rete di connessioni gerarchiche tra i vari dispositivi. L'utente ha accesso alla sua rete di Acofee, definita "Reef" come le barriere coralline.

Da questo pannello l'utente può vedere il numero di dispositivi connesso, lo stato di quei dispositivi (se all'interno della rete c'è qualche mal funzionamento) e può anche decidere di aggiungere altre Acofee all'interno della rete.

Ogni dispositivo, così come il master e l'intero Reef, possono essere rinominati.



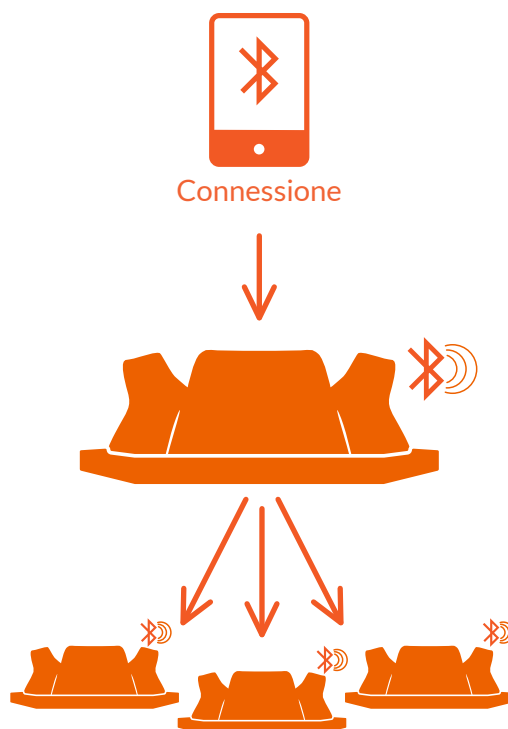
Le connessioni avvengono tra pannelli instaurando una connessione padre-figlio con un rapporto 1:3. La connessione con l'app ha, invece, un rapporto di tipo 1:1.

Il comando che viene inviato al master viene trasmesso a cascata verso tutti i dispositivi connessi.

A trovare i nuovi dispositivi, così come a stabilire la gerarchia delle connessioni, è la rete e non l'utente l'app.

La rete mostra sull'app i dispositivi connessi e l'utente può scegliere quale aggiungere alla rete, ma non sarà lui a decidere il percorso di connessione.

Sia i collegamenti tra dispositivi che quello con l'app vengono registrati in modo da velocizzare le future attività di connessione.

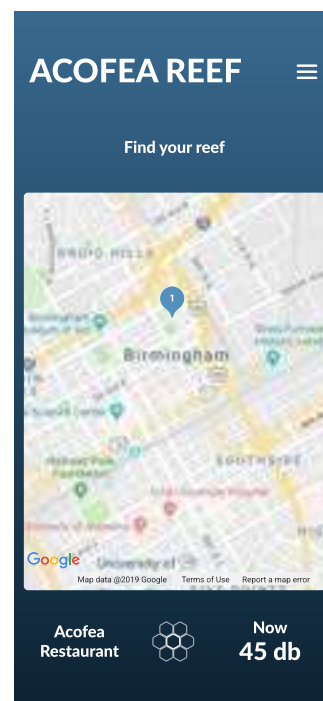


ACCESSO VISITATORE

MAPPATURA SONORA

Accedendo come visitatore non è possibile gestire le funzioni dei dispositivi, ma è possibile consultare una mappa che viene aggiornata automaticamente dalle info che riceve il Guardiano.

Su questa mappa sono posizionate le posizioni dei vari Reef e selezionandole si può visualizzare il rumore (in db) medio registrato da quel reef.



VISITA AL REEF IN LOCO

Se il visitatore è il loco, questo può connettersi al master e visualizzare la composizione reef. Può anche vedere qual è la frequenza media percepita ed assorbita in quel momento da ogni Acofea nella rete.



MODULARITÀ

ACOFEA è pensato per essere modulare e per creare installazioni con più dispositivi.

È dotato di un supporto con cerniera che può essere avvitato a diversi tipi di attacco.

In base all'attacco, è possibile posizionare ACOFEA su una struttura, una griglia o direttamente al muro.

Eventualmente si possono attaccare bracci estendibili o con più gradi di movimento per ottenere una superficie più irregolare.



2 BIO-ISPIRAZIONE

Per lo sviluppo del concept finale si è deciso di portare avanti la ricerca tramite un approccio biomimetico. ACOFEA è il risultato di una stratificazione di ispirazione biomimetiche che riscontrano un parallelismo, a livello di gerarchia strutturale, anche nell'habitat in cui vivono gli organismi studiati.

ACTINIA EQUINA

Actiniaria, in WoRMS (World Register of Marine Species)
<https://aqua.org/explore/animals/anemones>

Le ATTINIE (Actiniaria) sono un ordine di Cnidari antozoi sessili della sottoclasse degli Esacoralli. Vengono chiamati anche “Anemoni di mare”, data la somiglianza con l'omonimo fiore, e sono tra i membri più diversificati e di successo della loro sottoclasse. Occupano habitat marini bentonici a tutte le profondità e latitudini. Le Attinie comprendono circa 1200 specie di polipi, solitari e invertebrati.

Un rappresentante molto noto di questo ordine è ACTINIA EQUINA (comunemente nota come pomodoro di mare), che popola la zona intertidale, fino a pochi metri di profondità.

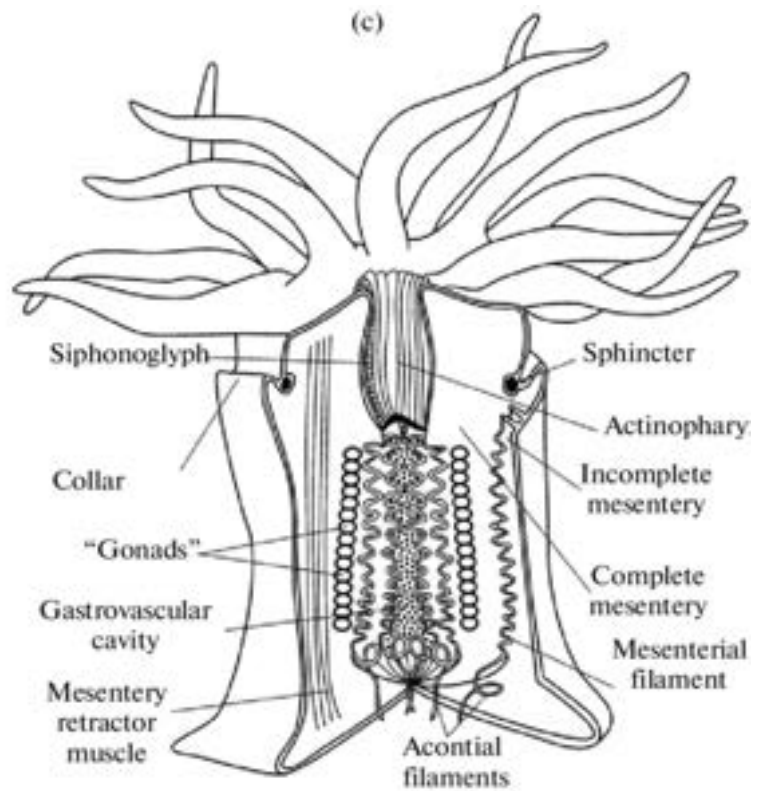


ANATOMIA

Le attinie hanno una grande diversità nell'anatomia, dalla muscolatura, alla morfologia dei tentacoli e disposizione dei mesenteri, ma generalmente il loro corpo è costituito da un gambo morbido e cilindrico sormontato da un disco orale circondato da tentacoli velenosi. Alla base, hanno un unico piede adesivo, chiamato disco basale, che usano per attaccarsi alle superfici sottomarine come rocce o conchiglie



Actinia equina



MOVIMENTO

Il movimento del disco orale di apertura e chiusura, unito all'allungamento e accorciamento dell'intero gambo che gli anemoni di mare compiono per inghiottire le loro prede, è molto simile al movimento verticale che ho bisogno di far compiere al mio prodotto.

Questo movimento, viene poi enfatizzato dalla presenza dei tentacoli che si muovono lungo la superficie in base all'allungamento del gambo.

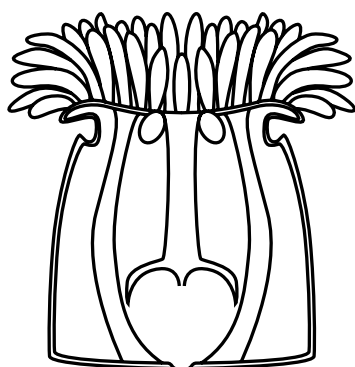


MOVIMENTO DEL MODULO DI ASSORBIMENTO

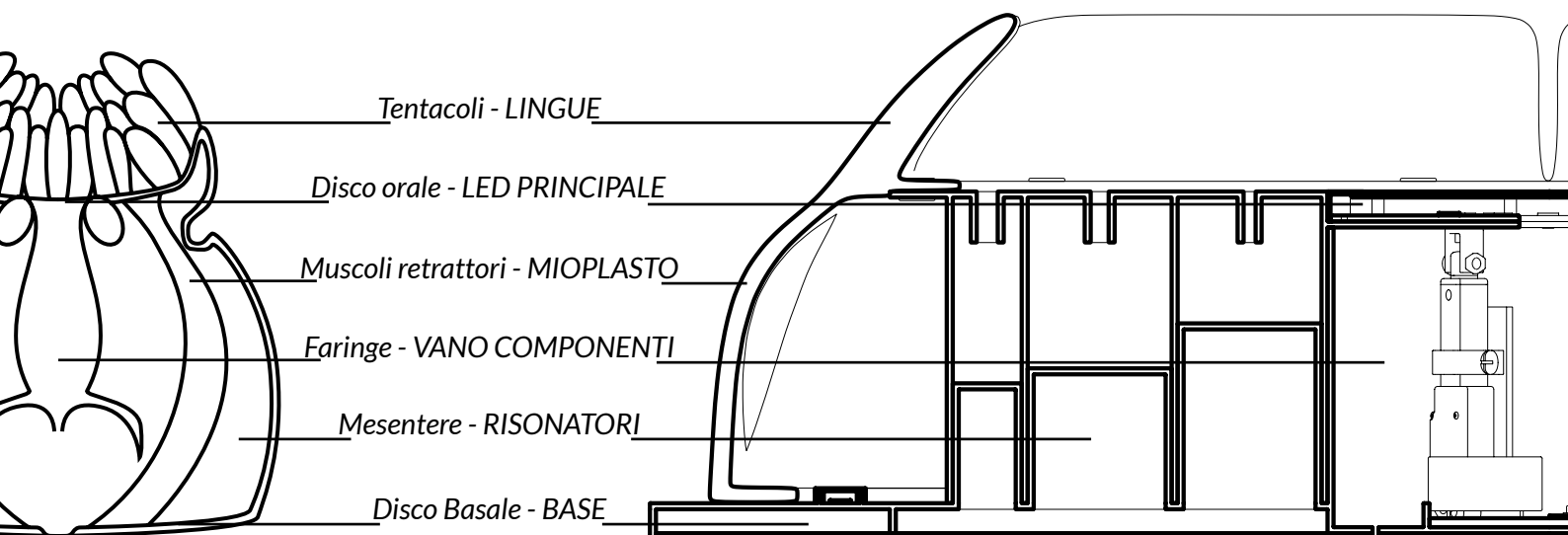
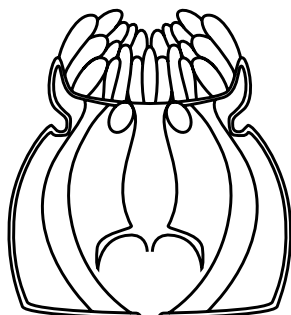
ACOFEA riprende la gerarchia e la disposizione degli elementi anatomici dell'actinia equina per imitarne la struttura e il movimento di apertura ed estensione.

ACOFEA è pensato come un modulo che si muove lungo un asse, estendendosi come il gambo dell'anemone e simulandone la contrazione.

Esteso



Contratto



Facendo delle analogie partendo dal basso, possiamo trovare:

DISCO BASALE / BASE

Una base di plastica, piatta, simula il disco basale dell'anemone.

Come il disco, è la parte responsabile del fissaggio al muro (o ad un'ipotetica altra griglia che a sua volta è attaccata al muro).

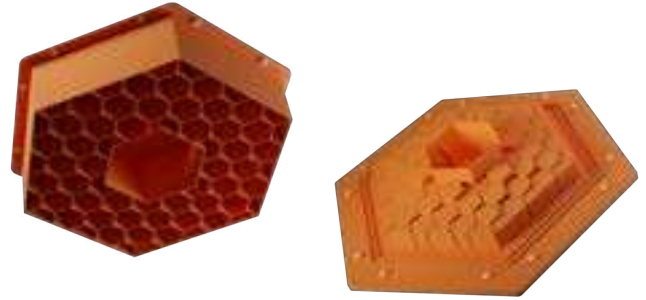


MESENTERE / RISONATORI

Intorno alla faringe, come Mesentere, sono posizionati i Risonatori.

Gli stantuffi possono essere stampati direttamente insieme alla base e al centro diventando un pezzo unico.

Gli stantuffi sono inoltre di diverse altezze per ottenere diversi volumi di risonanza.



FARINGE / VANO COMPONENTI

Al centro, come faringe, c'è uno spazio cavo, all'interno del quale sono contenuti i motori e i componenti elettronici. Racchiudendo tutto al centro si evitano prolungamenti non necessari di cavi.



MUSCOLI RETRATTORI / MIOPLASTO

Il termine "Mioplasto" non esiste. È un neologismo derivato dall'unione delle parole "myo-" (è un prefisso che deriva dal sostantivo greco, che significa "muscolo" ed è usato per indicare ciò che è relativo o connesso ai muscoli) e "-plastos" (sostantivo aggettivale greco che significa formato, modellato o plasmato in senso fisico).

Intorno ai risonatori è presente il mioplasto, paragonabile ai muscoli retrattori.

Il mioplasto è una copertura in silicone che, come i muscoli, si comprime e si estende in base ai movimenti dei risonatori. In questo modo si simula una vera e propria contrazione. Dall'esterno sembrerà che è questo componente a svolgere la funzione di apertura e chiusura, ma in realtà ha una funzione puramente estetica.

È un componente utile in quanto evidenzia il movimento rendendolo visibile da ogni punto di vista. Il mioplasto, inoltre, presenta una serie di tagli in corrispondenza degli angoli per garantirne l'estensione e la compressione, andando a mostrare ciò che vi è al di sotto e facendo passare la luce da alcuni LED presenti sul disco basale.



DISCO ORALE / LED PRINCIPALE

In corrispondenza del disco orale è presente il LED responsabile dell'illuminazione principale e la superficie forata dei risonatori.



TENTACOLI / LINGUE

In corrispondenza dei tentacoli sono state inserite delle lingue in silicone.

Queste sono stampate direttamente sul mioplasto. La loro funzione è quella di aprirsi e chiudersi in base all'estensione dei risonatori. Ciò è possibile perché la lingua segue l'angolazione della superficie del mioplasto.

Quando questo è contratto (risonatori bassi), l'angolazione tenderà ad essere parallela al disco basale e le lingue copriranno in parte la superficie forata.

Quando il mioplasto è esteso (risonatori alti), l'angolazione tenderà ad essere parallela al disco basale e le lingue mostreranno la superficie forata per intera.

L'angolazione della superficie non è molto ampia, ma questo sistema permette di simulare un'apertura e chiusura delle bocche in modo naturale, sufficiente e senza andare a complicare la struttura con sistemi meccanici o elettronici.



ORBICELLA FAVEOLATA E CORALLITI

Colony formation, su Corals of the World, Australian Institute of Marine Science, 2013

Orbicella faveolata è una specie di corallo pietroso della famiglia Merulinidae. Insieme ad altre specie del genere Orbicella, è considerato un bioindicatore di salute del reef. La sua struttura massiccia offre rifugio e habitat a innumerevoli specie marine. È una delle specie dominanti nelle barriere coralline dei Caraibi e un importante corallo di tipo Sclerattinio, ossia duro costruttore di reef. Vive in acque calde, tra 1 e 40 metri di profondità.

Le sue colonie sono generalmente massicce e tondeggianti (come una cupola) nelle forme più giovani. Con il tempo tendono a crescere in grandi lastre, a volte sporgenti e con margini irregolari. Le superfici superiori sono lisce, mentre quelle laterali sono generalmente più ondulate o rugose.



Colony formation, su Corals of the World, Australian Institute of Marine Science, 2013

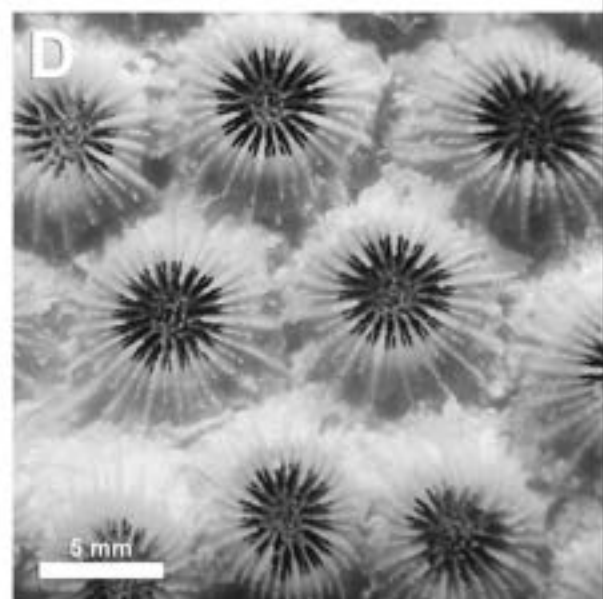
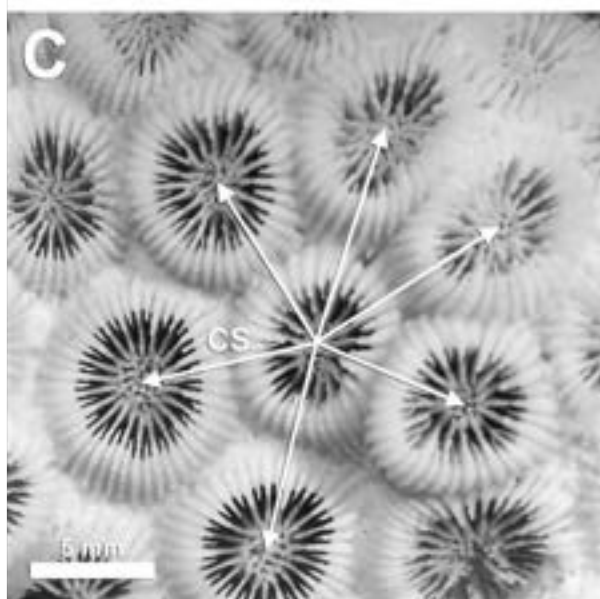
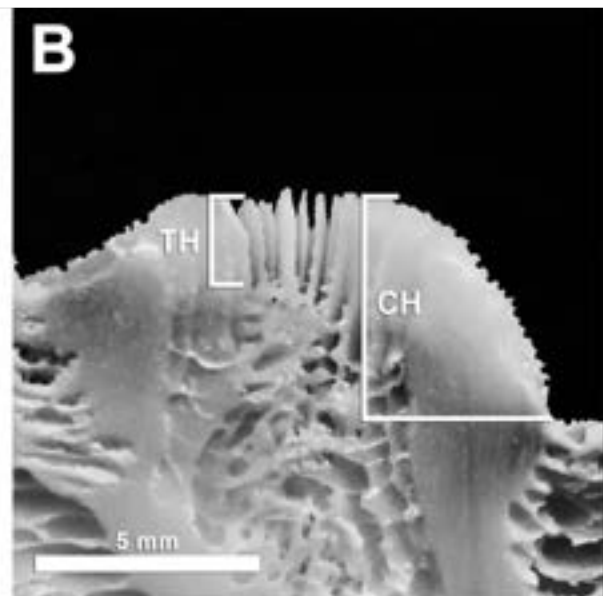
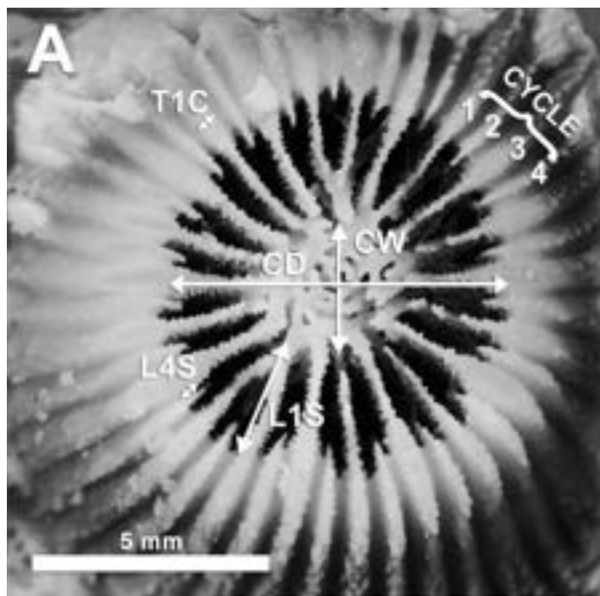
La caratteristica più importante che mi ha portato ad ispirarmi all' *Orbicella Faveolata*, sono i suoi coralliti.

I coralliti sono le singole unità esoscheletriche dei coralli costruttori.

I coralliti dell'*Orbicella faveolata*, hanno caratteristiche ben distinte: sono piccoli e molto ravvicinati, disposti in modo uniforme e compatto (da qui il nome "faveolata", che deriva dal latino faveola = "piccola cella").

I setti (lamelle interne radiali) sono fini e molto regolari. I muri dei coralliti sono condivisi tra individui adiacenti, creando una superficie continua e alveolata.



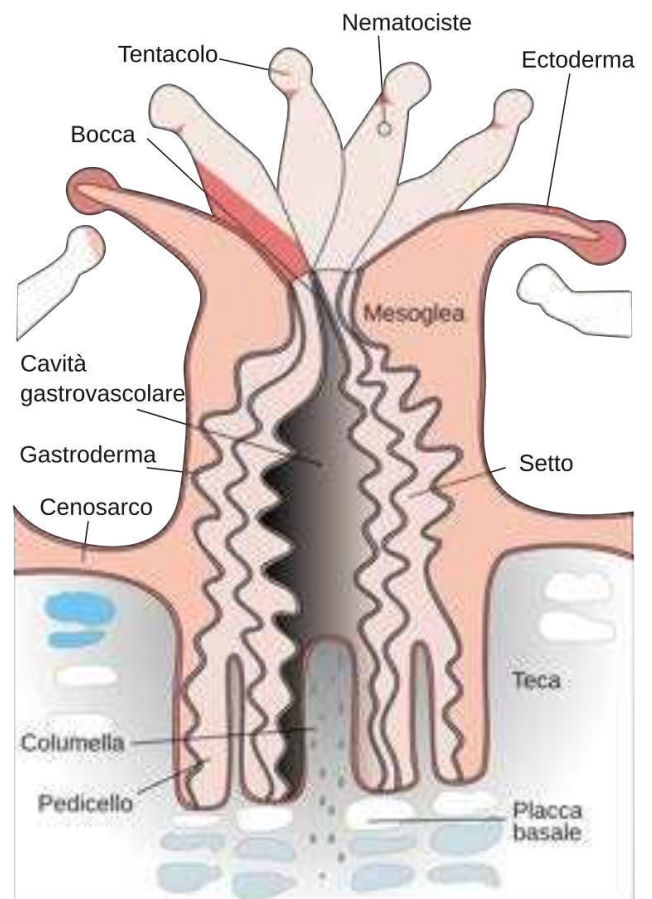


Il loro scheletro è composto da aragonite, una forma cristallina di carbonato di calcio, prodotta da un **polipo corallino** che il corallite ospita all'interno una cavità.

I polipi sono organismi viventi molli, simili agli anemoni, che si estendono di notte per nutrirsi e si ritraggono di giorno.



Polipo Corallino



MODULARITÀ

Per migliorare la modularità del progetto a pensare al singolo dispositivo come un singolo corallite. Così come il corallite ospita il polipo che si estende, il singolo pannello ospita il modulo di assorbimento. I bordi del pannello sono pensati per combaciare con i bordi adiacenti al fine da simulare un muro condiviso come per il corallite.

Per mantenere leggero il modulo si è ipotizzata una semplice cornice in poliuretano espanso assorbente. Per facilitare gli incastri si è optato per una struttura esagonale piuttosto che circolare.



Quando i dispositivi vengono messi vicini, si ottiene una parete con una superficie simile a quella dell'Orbicella faveolata.



GERARCHIA BIO-ISPIRAZIONE

La logica progettuale di ACOFEA si basa su una stratificazione di bio-ispirazioni. Il culmine di queste stratificazioni è un parallelismo tra le gerarchie della natura e quelle di ACOFEA.

L'anemone/modulo assorbimento è la parte più piccola, quella viva e in continuo movimento. Questa vive e si muove all'interno del corallite/dispositivo che lo protegge e lo ospita. Quando questi si aggregano formano la struttura del corallo Orbicella Faveolata/Rete di pannelli interconnessa.



Anemone/Polipo



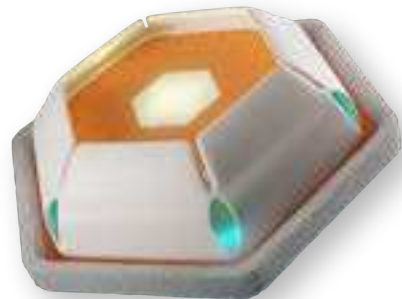
Corallite



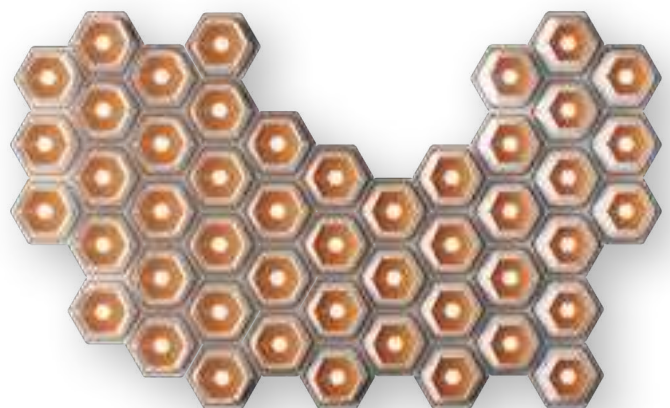
Orbicella Faveolata



Modulo assorbimento



Acofea



Parete di Acofea

3 ESPLOSO

ACOFEA è suddivisibile in 7 sub-assiemi:

Mioplasto è una membrana in silicone che viene avvitato con viti di plastica alle due scocche dei risonatori.

LED di illuminazione principale è formato da una scocca in ABS, con un diffusore in PMMA satinato che nasconde i LED dimmerabili, sensori e Led di feedback.

Il risonatore a cilindri è una scocca unica in ABS che contiene i volumi cavi, i fori e i colli dei risonatori.

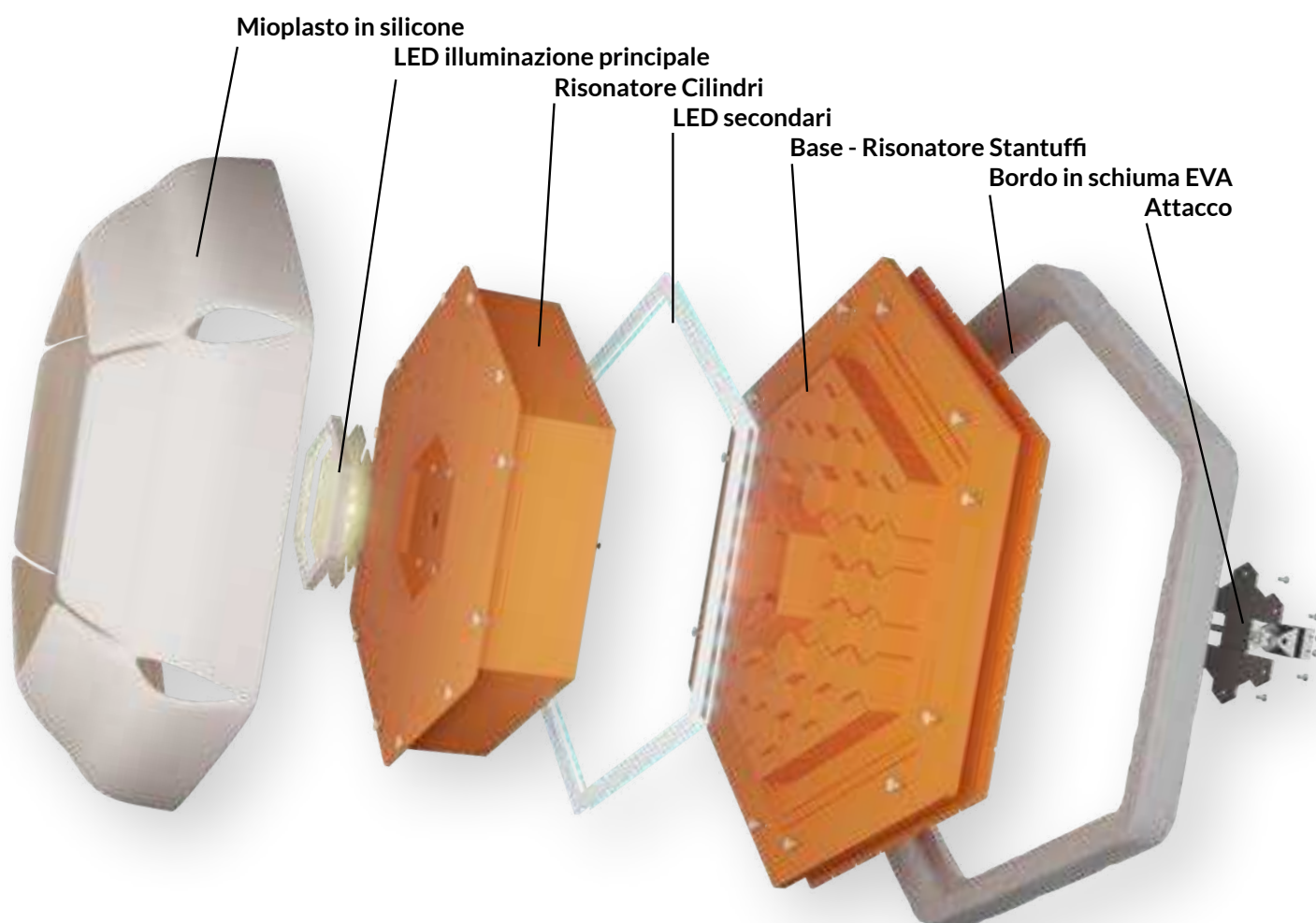
La striscia di LED secondari si applica nell'apposito vado della base ed è coperta da un diffusore in PMMA satinato.

La base è formata da due pezzi in ABS: il primo è la scocca che contiene i risonatori a stantuffo e il vano

dei componenti, la cui base è supportata da nervature nascoste dal secondo pezzo, ossia una semplice parete di copertura per viti e cavi.

Il bordo è in schiuma EVA e si aggancia alla base dal retro con un adesivo.

L'attacco è in alluminio 6082-T6, con una cerniera ed un altro eventuale attacco intercambiabile a seconda della parete.



4 FUNZIONI

FUNZIONI, INPUT E OUTPUT

Il dispositivo ha 3 funzioni chiave, oltre a quelle di comunicazione e di base:

- Illuminazione
- Assorbimento
- Informazione

ID	FUNZIONI	DESCRIZIONE
F1	BASE	Sono tutte quelle funzioni necessarie al funzionamento base e fondamentali per tutte le altre funzioni.
f1.1	Alimentazione/ Ricarica	Il Prodotto deve essere dotato di un sistema di alimentazione autonoma o di ricarica
f1.2	Accensione/ Spegnimento	Il Prodotto deve essere dotato di un sistema di accensione e spegnimento.
f1.3	Manutenzione	Il Prodotto deve essere dotato di un sistema che gli permetta di essere collegato ad un dispositivo esterno (es. Computer) per eventuali aggiornamenti, analisi del sistema, ecc.
F2	CONTROLLO E CONNESSIONE	Sono tutte quelle funzioni necessarie all'utente per interfacciarsi con il prodotto ed gestire tutte le altre funzioni
f2.1	Connessione	Il Prodotto deve essere dotato di un sistema di connessione che permetta la comunicazione tra il dispositivo centrale e lo Smartphone/Tablet o tra più dispositivi per lo scambio di informazioni e/o comandi necessari al funzionamento.
f2.2	Mesh connessioni PAN-PAN	Il Prodotto deve essere dotato di un sistema che permetta la connessione e la gestione di più dispositivi insieme.
f2.3	Controllo APP	Il Prodotto deve essere dotato di un'app con un'interfaccia che permetta all'utente di controllare il dispositivo.
f2.4	Salvataggio connessioni	Il Prodotto deve essere dotato di sistema di memorizzazione delle connessioni e dei comandi, utile a velocizzare i processi di connessione PAN-PAN e mantenere attive le funzioni in caso di perdita di connessione APP-PAN
F3	ILLUMINAZIONE	Sono tutte quelle funzioni necessarie alla gestione dell'illuminazione Principale.
f3.1	Acc/Spe Luce base	Il Prodotto deve essere dotato di un sistema che permetta alla luce di funzionare ad un'intensità sufficiente ad illuminare uno spazio, a prescindere da altre fonti di luce.
f3.2	Acc/Spe Dimmer Auto	Il Prodotto deve essere dotato di un sistema di regolazione Automatica dell'intensità e della temperatura del colore della luce in base alla luce solare.

F4	ASSORBIMENTO SONORO	Sono tutte quelle funzioni necessarie all'assorbimento sonoro attivo.
f4.1	Acc/Spe assorbimento mirato.	Il Prodotto deve essere dotato di un sistema che gli permetta di attivare il modulo per l'assorbimento mirato.
F5	INFORMAZIONE	Sono tutte quelle funzioni necessarie alla restituzione di alcune informazioni
f5.1	Stato Dispositivo	Il Prodotto deve essere dotato di un sistema che restituisca informazioni sullo stato del dispositivo e sulle sue funzioni Attive e Disattive.
f5.2	Mappatura sonora	Il Prodotto deve essere dotato di un sistema che restituisca informazioni sulle condizioni sonore del luogo in cui è installato.
F6	FEEDBACK	Sono tutte quelle funzioni necessarie alla restituzione di feedback all'utente
f6.1	Feedback visivo	Il Prodotto deve essere dotato di un sistema che restituisca Feedback visivo quando un azione viene compiuta. Sia per risultati Positivi che Negativi

ID	INPUT
i1	Connessione alla rete elettrica
i2	Spostamento tramite interruttore generale
i3	Accesso al computer
i4	Collegamento al cavo USB
i5	Selezione dispositivo tramite APP
i6	Comando connessione PAN-PAN
i7	Input tramite APP
i7.1	Acc./Spe. luce BASE
i7.2	Acc./Spe. Luce Auto
i7.3	Acc./Spe. Assorbimento mirato
i8	Visualizzazione info mesh/PAN
i9	Visualizzazione Mappa

ID	OUTPUT	DESCRIZIONE
o1	Alimentazione ACOFEA	La lampada viene alimentata correttamente
o2	Accensione/spegnimento	Sintonia si accende/spegne
o3	Azione di manutenzione	Vengono svolte dall'operatore tutte le attività di manutenzione.
o4	Visibilità Bluetooth	Il dispositivo si rende visibile ad altri dispositivi tramite bluetooth
o5	Connessione APP-PAN	Il dispositivo si connette ad un'app.
o6	Connessione PAN-PAN	Il dispositivo si connette ad altri 3 pannelli max.
o7	Acc/Spe Funzioni principali	
o7.1	Acc./Spe. luce BASE	Il dispositivo accende la luce BASE
o7.2	Acc./Spe. Luce Auto	Il dispositivo accende la luce Auto
o7.3	Acc./Spe. Assorbimento mirato	Il dispositivo accende il sistema di assorbimento mirato e i LED secondari.
o8	Info su stato di mesh/pan	Restituzione delle info su stato di connessione e funzioni dei pannelli singoli o connessi a mesh.
o9	Info stato sonoro	Restituzione delle info sullo stato sonoro del luogo.
of10	Luce blu lampeggiante	Att luce blu lampeggiante durante le operazioni di connessione.
of11	Luce blu fissa	Att luce blu fissa per 3s a conferma della connessione avvenuta con successo.

5 MODALITÀ DI INTERAZIONE

F1 BASE

f1.1 - Alimentazione

Il pannello viene collegato alla rete elettrica che gli fornisce la giusta alimentazione

INPUT:

i1 Connessione alla rete elettrica

OUTPUT:

o1 Alimentazione ACOFEA

f1.2 - Accensione/Spegnimento

Tramite lo spostamento dell'interruttore generale, il pannello viene acceso o spento.

INPUT:

i2 Spostamento tramite interruttore

OUTPUT:

o2 Accensione/spegnimento

f1.3 - Manutenzione

Smontando i risonatori è possibile accedere al computer, si possono svolgere tutte le necessarie operazioni di manutenzione hardware e software, collegandosi al computer tramite la porta usb.

INPUT:

i3 Accesso al computer
i4 Collegamento al cavo USB

OUTPUT:

o3 Azione di manutenzione

F2 CONTROLLO E CONNESSIONE

f2.1 - Connessione

All'accensione il dispositivo è automaticamente visibile tramite bluetooth. Si attiva anche un led lampeggiante blu che lampeggia fino a quando non si instaura una connessione.

Sull'app sarà presente una lista con l'elenco dei dispositivi pronti alla connessione. Quindi selezionando il dispositivo e confermando, l'app si conatterà al pannello. Alla connessione la luce blu intermittente resterà accesa a conferma dell'avvenuta connessione.

INPUT:

i5 Selezione dispositivo tramite APP

OUTPUT:

o4 Visibilità Bluetooth
of10 Luce blu lampeggiante
o5 Connessione APP-PAN
of11 Luce blu fissa

f2.2 - Mesh connessioni PAN-PAN

Per connettere più dispositivi, tramite l'app si invia il comando di connessione al pannello principale. Questo si conetterà con altri 3 pannelli max. L'azione di può ripetere per tutti i pannelli presenti fino a creare una mesh di connessioni.

INPUT:

i6 Comando connessione PAN-PAN

OUTPUT:

o6 Connessione PAN-PAN

f2.3 - Controllo APP

Tutti i comandi possono essere attivati e disattivati tramite l'app.

INPUT:

i7 Input tramite APP

OUTPUT:

o7 Acc/Spe Funzioni principali

F3 ILLUMINAZIONE

f3.1 - Acc/Spe Luce base

Tramite l'app, premendo sull'apposito pulsante, è possibile attivare o disattivare la luce principale in modalità base. Quindi con un illuminazione classica, non regolabile.

INPUT:

i7.1 Acc./Spe. luce BASE

OUTPUT:

o7.1 Acc./Spe. luce BASE

f3.2 - Acc/Spe Dimmer Auto

Tramite l'app, premendo sull'apposito pulsante, è possibile attivare o disattivare la luce principale in modalità auto. Quindi con un illuminazione che regola automaticamente la propria intensità in base alla luce presente nella stanza.

INPUT:

i7.2 Acc./Spe. Luce Auto

OUTPUT:

o7.2 Acc./Spe. Luce Auto

F4 ASSORBIMENTO

f4.1 - Acc./Spe assorbimento mirato.

Tramite l'app, premendo sull'apposito pulsante, è possibile attivare o disattivare l'assorbimento mirato. Quindi si attiverà il sistema composto da attuatori, risonatori e sensori per la rilevazione delle frequenze sonore e la conseguente sintonizzazione dei risonatori.

INPUT:

i7.3 Acc./Spe. Assorbimento mirato

OUTPUT:

o7.3 Acc./Spe. Assorbimento mirato

F5 INFORMAZIONE

f5.1 - Stato Dispositivo

L'utente amministratore, ha accesso alle informazioni di ciascun dispositivo connesso alla mesh di connessione. Tramite l'app può vedere quale è acceso, quale è spento, se ci sono problemi nelle comunicazioni tra pannelli.

INPUT:

i8 Visualizzazione info mesh/PAN

OUTPUT:

o8 Info su stato di mesh/pan

f5.2 - Mappatura sonora

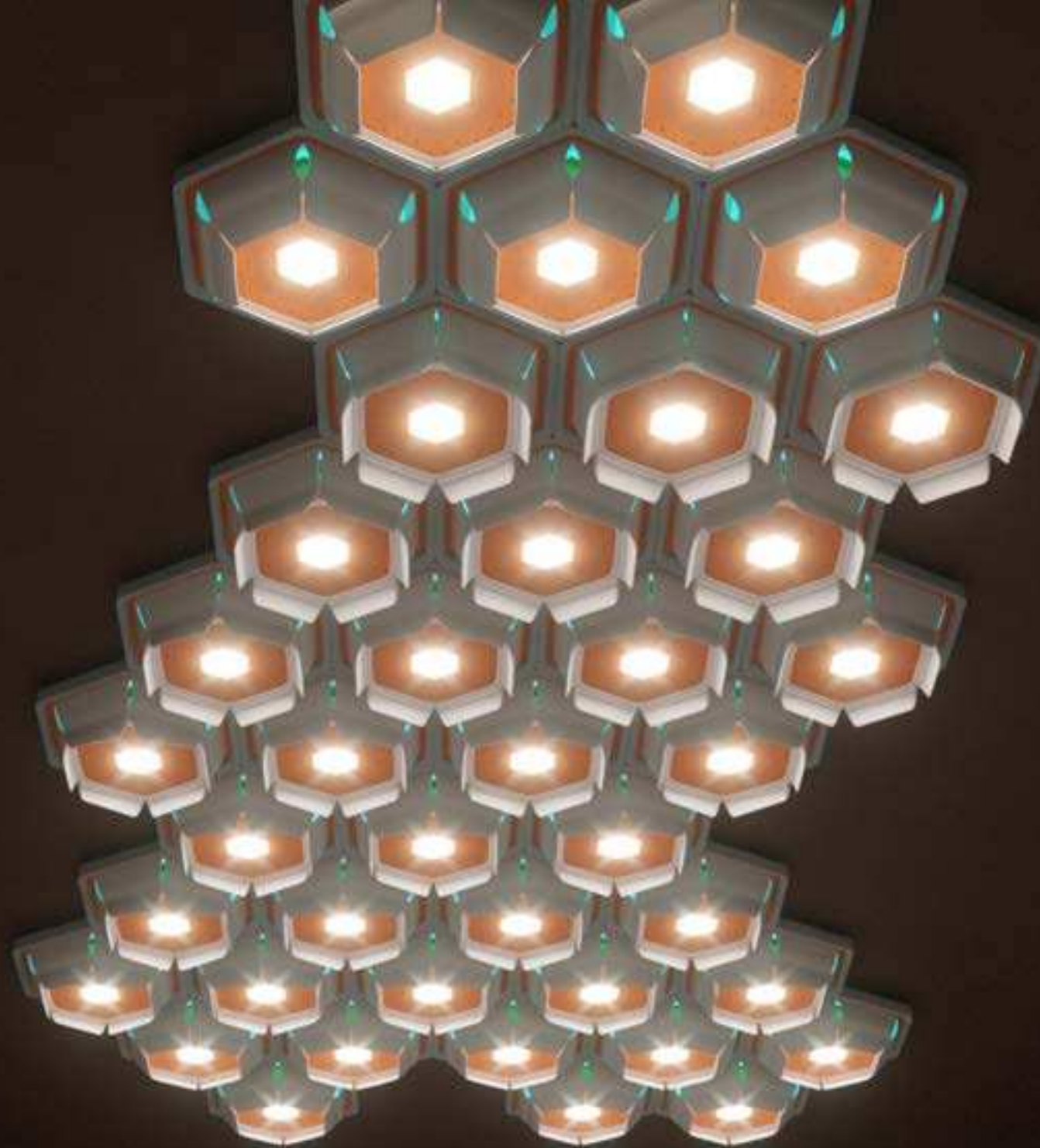
L'utente che accede come visitatore, può visitare una mappa tramite l'app, aggiornata automaticamente dai dispositivi "Amministratore". Sulla mappa sono presenti tutte le info sonore sul rumore del luogo etc.

INPUT:

i9 Visualizzazione Mappa

OUTPUT:

o9 Info stato sonoro



**SVILUPPO
TECNICO**

1 COMPONENTI ELETTRICI ELETTRONICI

ELENCO DEI COMPONENTI

Cuc - Microcontrollore

ESP32-DevKitC-32D

(x1)

DESCRIZIONE: ESP32-DevKitC-32D è una scheda di sviluppo basata su ESP32 prodotta da Espressif. Il core di questa scheda è il modulo ESP32-WROOM-32 con funzionalità Wi-Fi e Bluetooth complete.

Ottimo per progetti IoT, domotica, automazione e applicazioni che richiedono connettività avanzata. Equipaggiata con un processore dual-core, supporto WiFi e Bluetooth integrato, e una memoria flash di 4MB. Possiede un regolatore di tensione interno a 3.3V.



https://eu.mouser.com/ProductDetail/Espressif-Systems/ESP32-DevKitC-32D?qs=%252BEew9%252B0nqrDsObWEpDx6YQ%3D%3D&srltid=AfmBOopAW-Eke51lvXh5E2NEFYuO8ph1QFV0b2xF1i16_aESadddDwaj

SPECIFICHE

Tensione ingresso: 5 V via USB o VIN

Corrente: tip. 80–240 mA

Dimensioni: ~51 × 25 mm

Peso: ~8–10 g

Bluetooth v4.2 (BLE e Bluetooth Classic)

Interfacce: UART, SPI, I²C, PWM, ADC, DAC

C1 - Stepdown 5V AC-DC

HLK-5M05

(x1)

DESCRIZIONE: Modulo di alimentazione step-down isolato con montaggio su PCB, racchiuso in plastica.

SPECIFICHE

AC Tensione Input Range: 100-240VAC

Tensione DC Output = 5V

Output Power: 5W

Corrente = 1 A

Peso (g) = 25

Dimensione LxPxH (mm) = 38 x 23 x 18



<https://www.robotics.org.za/HLK-5M05>

C2 - Stepdown 12V AC-DC**HLK-5M12****(x1)**

DESCRIZIONE: Modulo di alimentazione step-down isolato con montaggio su PCB, racchiuso in plastica.

SPECIFICHE

AC Tensione Input Range: 100-240VAC

Tensione DC Output = 12V

Output Power: 5W

Corrente = 0.45A

Peso (g) = 25

Dimensione LxPxH (mm) = 38 x 23 x 18



<https://www.robotics.org.za/HLK-5M12>

C3 - LED 12V Dimmerabile**CREE LED JU7070BWT-K-B40ED0000-N0000001****(--)**

DESCRIZIONE: I LED bianchi JU7070B di classe K sono ottimizzati per le applicazioni di illuminazione in cui l'elevata resa luminosa e la semplicità sono fondamentali, come le aree esterne e i downlight per interni.

SPECIFICHE

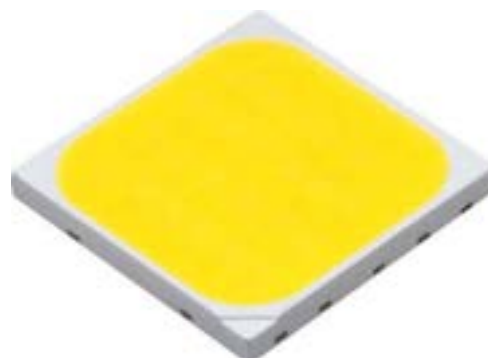
Tensione = 12V

Corrente = 230mA

Lunghezza d'onda/Temperatura colore = 4000 K

Flusso luminoso = 1580 lm

Dimensione LxPxH (mm) = 7 x 7 x 0.8



<https://www.mouser.it/new/cree/cree-led-ju7070b-k-class-white-leds/>

C4 – LED 12V blu**SKU 212137 VT-5050 60-IP20-11****(x1)**

DESCRIZIONE: Grazie alla tecnologia SMD 5050, offre una luminosità elevata con un'efficienza di 80 lm/W e un ampio angolo di emissione di 120°. La striscia LED è dimmerabile, permettendo di regolare l'intensità luminosa in base alle necessità. Il fissaggio è semplice grazie al nastro adesivo integrato, compatibile con varie superfici come legno, vetro e metallo.

SPECIFICHE

Tensione = 12V

Corrente = 0.92 A

Colore Luce = Blu

Flusso Luminoso al Metro = 900 lm/m

Dimensione LxP (mm) = 500 x 10



https://led-italia.it/prodotti/v-tac/strip-led/212137/strip-led-smd5050-11wm-5m-60-ledm-blu-12v-ip20-10mm?srltid=AfmBOopsbOO3GVyAaqLUM5PGR9Nh_K2GiVY92Yc1NgVDwRTgZ8dDBlwW

C5 – LED blu 3.3V Feedback**SSL-LX3054USB****(x1)****SPECIFICHE**

Tensione = 3.3 V

Corrente = 10 mA

Colore Luce = Blue

Peso = 348,881 mg

Dimensione LxPxH (mm) = 4 x - x 5.25



https://www.mouser.it/ProductDetail/Lumex/SSL-LX3054USB?qs=HUNmvtutWxz11QjMzLW5w%3D%3D&mgh=1&vip=1&utm_id=20390293344&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_marketing_tactic=emeacorp&gad_source=1&gad_campaignid=20399879704&gbraid=OAAAAADn_wf1darCxLr39s0AXTS83LPjLc&gclid=CjwKCAjwsZPDBhBWEiwADuO6y_AuR3Z24eqdbKnprTTw3KXq1sgula33MLhvmLTzjLP3m63h0GNOPxoCxI0QAvD_BwE

C6 – MOSFET N-Channel

IRLZ44N

(x2)

SPECIFICHE

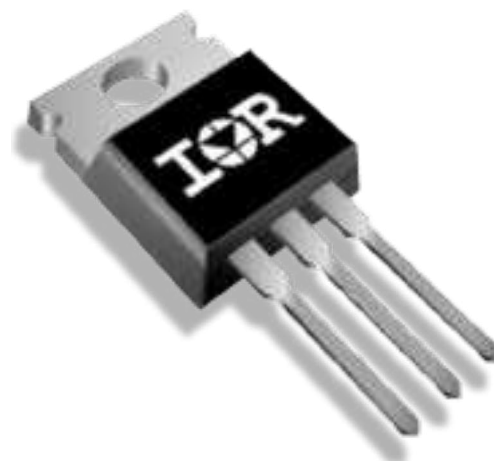
Potenza tot max = 83 W

Polarity = N

VDS max = 55V

VGS max = 16V

Dimensione LxPxH (mm) = 10 x 4.7 x 30



<https://www.infineon.com/cms/en/product/power/mosfet/n-channel/irlz44n/>

C7 – Resistenze 220Ω

Resistenze 220Ω

(x2)

DESCRIZIONE: Resistenza standard a strato di carbone con reofori assiali per installazioni PTH (Pin to Hole).

SPECIFICHE

Valore Resistenza = 220Ω

Potenza nominale = 1/4W

Tolleranz =: 5%

Dimensione LxD (mm) = 6 x 2,3

Lunghezza reofori: 26,5 mm (H)

Diametro reoforo: 0,5 mm(d)



<https://www.elcoteam.com/resistenza-220-ohm-1-4w-5-carbon-film>

Cm1 – Attuatori lineari**ACTUONIX L12-R 100:1****(x4)**

DESCRIZIONE: Mini-servo lineare con controller RC integrato, corsa selezionabile (30, 50 o 100 mm), rapporto di riduzione 100:1; adatto per progetti di automazione e robotica. Usa segnali PWM standard da 1 a 2ms ogni 20ms. Si collegano direttamente ai pin PWM dell'ESP32.

SPECIFICHE

Tensione = 12V

Rapporto di riduzione = 100:1

Velocità = 13 mm/s

Stroke = 50mm

Massima forza (stall) = 42 N

Forza efficiente al picco: 17 N



<https://www.actuonix.com/l12-50-100-6-r>

Cs1 – Sensore luce**TSL2561****(x1)**

DESCRIZIONE: Sensore digitale avanzato di luce ambientale con fotodiode IR + visibile, gamma dinamica ampia (fino a 40 000 Lux), interfaccia I²C.

SPECIFICHE

Tensione = 3.3V

Dimensione LxP (mm) = 3,8 × 2,6 × 1,35



<https://www.robotics-3d.com/sensori-di-colore/10067-adafruit-tsl2561-digital-luminosityluxlight-sensor-breakout.html>

Cs2 – Microfono

SPH0645LM4H

(x1)

DESCRIZIONE: Microfono MEMS bottom-port con uscita digitale I²S, elevato SNR (65 dB), banda fino a 15 kHz; ideale per audio di alta qualità.

SPECIFICHE

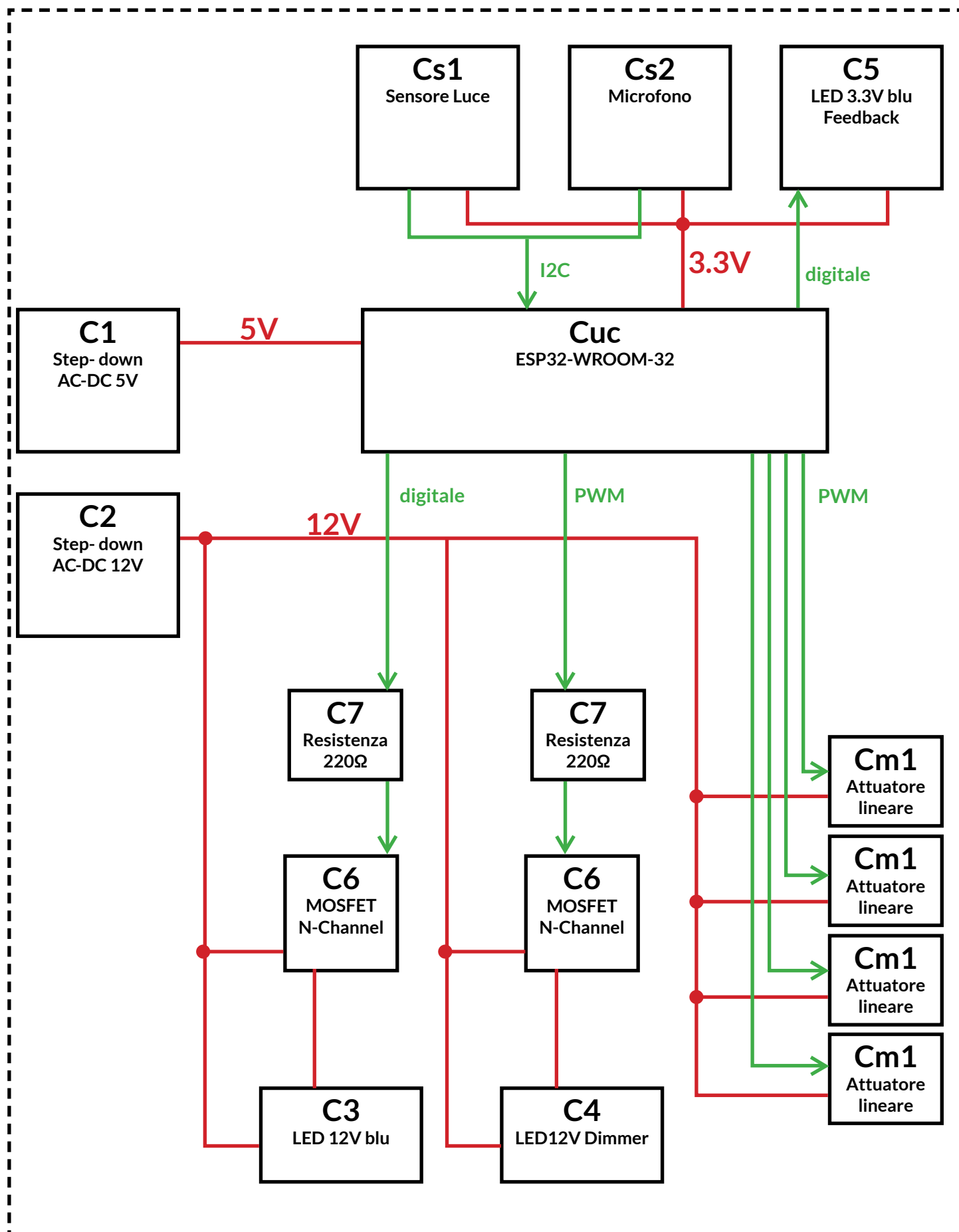
Tensione = 3.3V

Dimensione LxPxH (mm) = 3,50 × 2,65 × 0,98



<https://www.elcoteam.com/resistenza-220-ohm-1-4w-5-carbon-film>

HLDD



ALIMENTAZIONE

L'alimentazione dell'intero sistema avviene partendo dalla rete domestica a 230V AC, che viene convertita in tensioni più basse utilizzabili dai componenti tramite due moduli step-down isolati:

- Un modulo HLK-5M12 converte i 230V AC in 12V DC, usati per alimentare:
 - o Gli attuatori lineari (6 in totale)
 - o I LED (sia quello dimmerabile principale, sia il LED blu estetico)
- Un modulo HLK-5M05 converte i 230V AC in 5V DC, usati per alimentare:
 - o L'ESP32 (tramite il pin VIN)

L'ESP32 dispone di un regolatore interno che abbassa i 5V a 3.3V, fornendo alimentazione ai componenti a bassa potenza come:

- Il microfono digitale (tramite il pin 3V3)
- Il sensore di luce (sempre tramite il pin 3V3)
- Led feedback

INFORMAZIONI

Per lo scambio di dati della parte di assorbimento, viene usato un microfono collegato direttamente all'ESP32 tramite il bus I2S, ideale per segnali audio digitali.

In base alla frequenza rilevata, l'ESP32 genera segnali PWM (Pulse Width Modulation) su 6 pin GPIO differenti. Ognuno di questi segnali PWM è inviato a uno dei 6 attuatori lineari, per controllarne la posizione in modo preciso (movimento continuo e regolabile, non solo on/off).

Per la parte di illuminazione:

- Il LED principale dimmerabile è collegato direttamente al +12V dello step-down e il suo polo negativo è connesso al drain di un MOSFET N (MOSFET 1).
- Il source del MOSFET 1 è poi collegato al GND dello step-down 12V.
- Il gate del MOSFET è comandato da un segnale PWM dell'ESP32, tramite una resistenza da 220Ω, permettendo così la regolazione dell'intensità luminosa.

Il LED secondario blu ha gli stessi collegamenti del LED principale dimmerabile. L'unica differenza è che il gate del MOSFET è controllato via ESP32 tramite GPIO digitale + resistenza da 220Ω perché, in questo caso, l'accensione è on/off, non dimmerabile.

Il sensore di luce è alimentato a 3.3V dall'ESP32 e comunica i dati via I2C, permettendo al sistema di regolare la luminosità del LED principale in base alla luce ambientale.

CONNESSIONE Bluetooth

Per la connessione con l'App è sufficiente il modulo BLE integrato nell'ESP32.

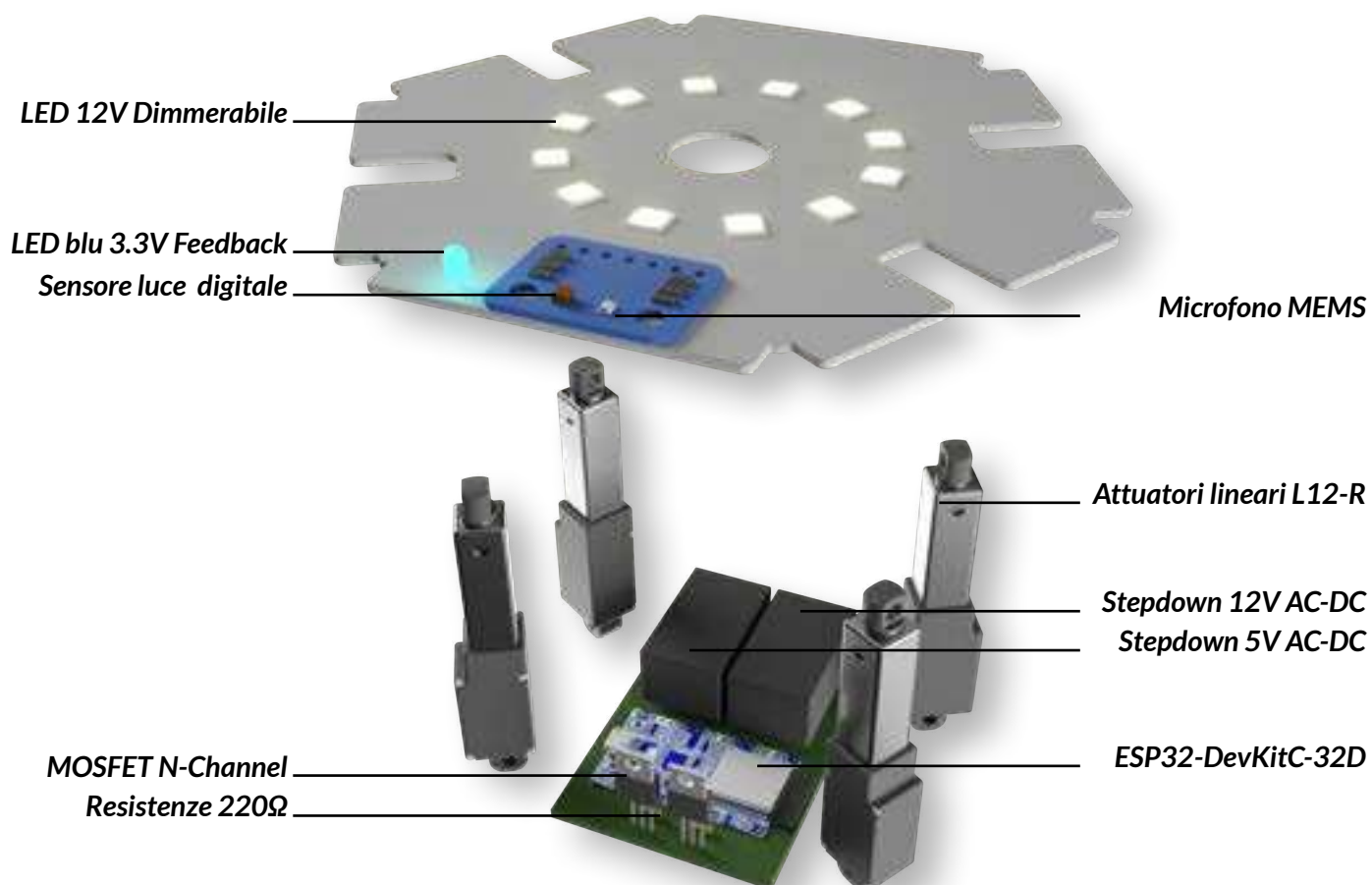
Si crea un sistema di BLE Mesh.

BLE Mesh è una rete basata su Bluetooth Low Energy (BLE) dove ogni nodo può comunicare direttamente con altri nodi vicini e inoltrare messaggi ai nodi più lontani (proprio come vuoi tu).

Funziona SENZA internet, SENZA Wi-Fi, SENZA router, e anche SENZA pulsanti.

Tutto può essere gestito dall'app tramite provisioning (cioè: l'app dice a ciascun pannello a quale rete mesh deve unirsi).

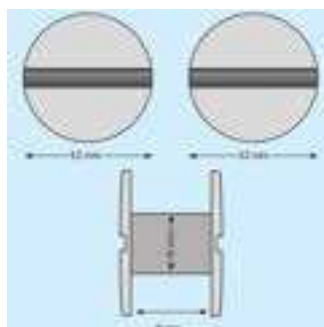
LAYOUT DEI COMPONENTI



2 DISTINTA STANDARDIZZATI

ID	Qt.	Nome	Materiale	Fornitore	Normativa
#ST1	24	Vite sepolta in plastica M6 8mm bianca	Plastica	SPRINTIS	--
#ST2	6	Vite Testa svasata piana M2 8mm	acciaio temprato	screwark	ISO 14581
#ST3	8	Vite M4 8mm	acciaio temprato	screwark	ISO 7045
#ST4	6	Vite M4 10mm	acciaio temprato	screwark	ISO 7045
#ST5	6	Vite M4 14mm	acciaio temprato	screwark	ISO 7045
#ST6	8	Dado autobloccante esagonale M4 6mm	acciaio 8 zincato	wurth	DIN 982
#ST7	1	Bullone a testa piana M8 65mm	Acciaio zincato lucido	RS	DIN 603/ DIN 555
#ST8	1	Rondella M8	Acciaio	Berardi	ISO 7089
#ST9	4	Vite M2 6mm	acciaio inossidabile A2, 1.4567	screwark	ISO 7045
#ST10	4	Vite con Flangia M4 8mm	acciaio inossidabile A2, 1.4567	screwark	ISO 7045
#ST11	16	Dado M4 3mm	acciaio I6I/I8I, zincato	wurth	DIN 934

#ST1



#ST2



#ST7



#ST3



#ST8



#ST4



#ST9



#ST5



#S10



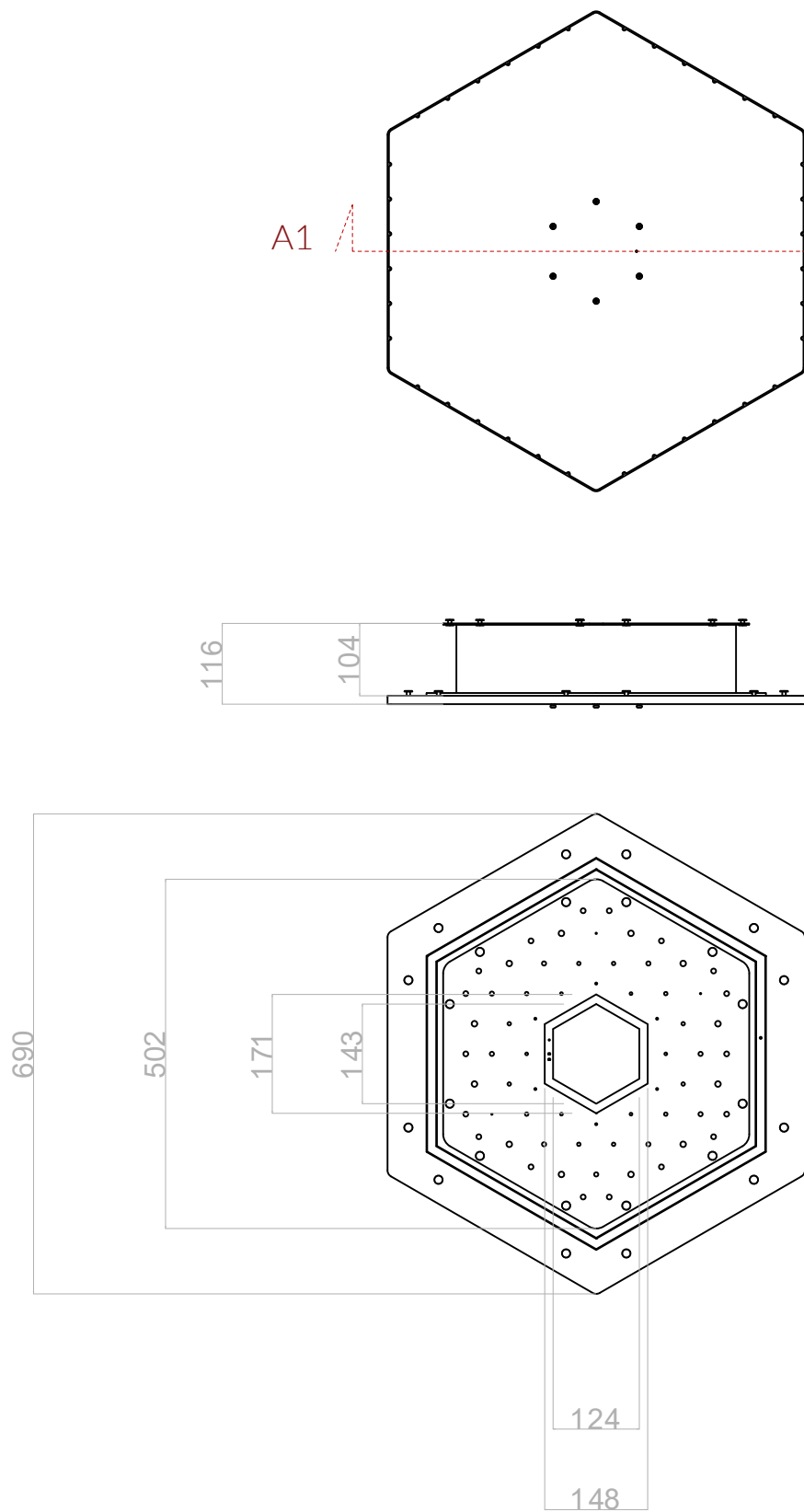
#ST6



#S11

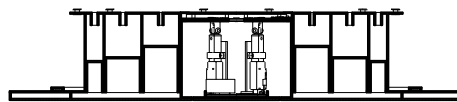
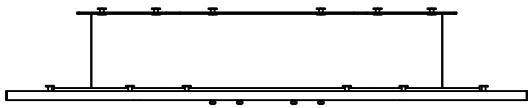


3 DISEGNI TECNICI



SCALA 1:10





SEZIONE A1

4 MATERIALI

ABS

COMPONENTI

Base
Risonatori

DESCRIZIONE:

Termoplastico amorfo con buona resistenza agli urti e facilità di lavorazione. È un materiale molto usato nella stampa 3D e in componenti tecnici.



PROPRIETÀ:

Resistenza agli urti: elevata, anche a basse temperature.

Rigidità e tenacità: buon compromesso tra resistenza meccanica e flessibilità.

Lavorabilità: ottima stampabilità e lavorazione (anche CNC).

Stabilità dimensionale: mantiene forma e tolleranze nel tempo.

Superficie rifinibile: verniciabile, cromabile, incollabile.

Bassa resistenza ai raggi UV: tende a degradarsi se non trattato.

APPLICAZIONI COMUNI

Componenti per elettronica, elettrodomestici, automobili.

Giocattoli (es. mattoncini LEGO), valigeria, parti stampate 3D.

Scocche, alloggiamenti, cruscotti, prototipi funzionali

ALLUMINIO 6082-T6

COMPONENTI

Attacco

DESCRIZIONE:

Lega di alluminio della serie 6000, trattata termicamente (T6) per ottenere alte prestazioni meccaniche. Conosciuta per l'ottimo rapporto resistenza/peso.



PROPRIETÀ:

Resistenza meccanica: tra le più alte della serie 6000.

Ottima saldabilità: rispetto ad altre leghe d'alluminio.

Buona resistenza alla corrosione: anche in ambienti esterni.

Lavorabilità meccanica: eccellente in T6 (fresatura, foratura).

Trattabile termicamente: per migliorarne ulteriormente le prestazioni.

Non magnetico: come tutti gli allumini.

APPLICAZIONI COMUNI

Strutture meccaniche leggere, telai, supporti, profili estrusi.

Automotive, ferroviario, aeronautico leggero, edilizia.

Componenti soggetti a sollecitazioni: staffe, piastre, bracci, pannelli strutturali.

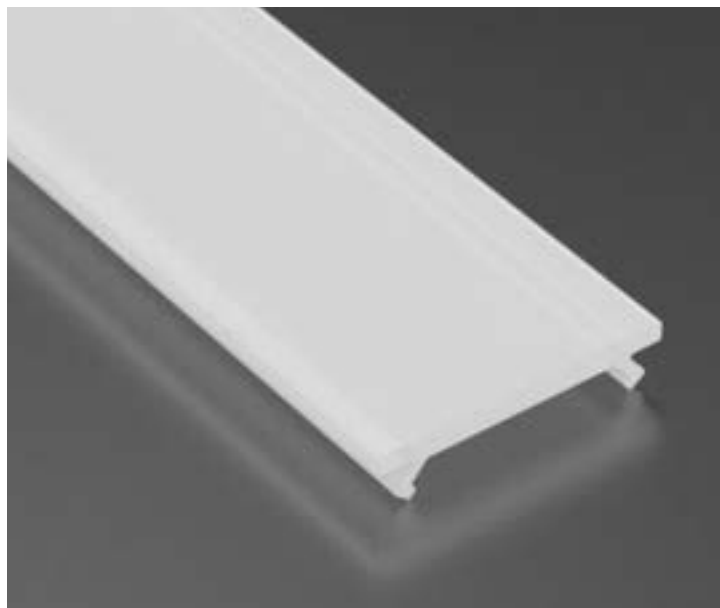
PMMA

COMPONENTI

Diffusori LED

DESCRIZIONE:

Polimero termoplastico trasparente, conosciuto anche come plexiglass o acrilico. È noto per l'ottima trasparenza ottica e la resistenza agli agenti atmosferici



PROPRIETÀ:

Trasparenza ottica: fino al 92% di trasmissione luminosa (simile al vetro).

Rigidità e durezza: buona resistenza meccanica superficiale, ma fragile agli urti.

Leggerezza: circa la metà del peso del vetro.

Stabilità UV: non ingiallisce facilmente all'esterno.

Lavorabilità: facile da tagliare, fresare, incollare e termoformare.

Isolamento elettrico: ottimo isolante dielettrico.

APPLICAZIONI COMUNI

Vetrature di sicurezza, insegne luminose, display, cupole trasparenti.

Lenti, schermi, componenti estetici.

Settori: edilizia, arredamento, automotive, illuminazione.

SCHIUMA EVA

COMPONENTI

Bordo

DESCRIZIONE:

Copolimero plastico a base di etilene e acetato di vinile, spesso espanso in forma di schiuma. È noto per la sua morbidezza, flessibilità e capacità ammortizzante.



PROPRIETÀ DELLA SCHIUMA EVA PER L'ASSORBENZA SONORA:

Flessibilità e morbidezza: anche a basse temperature, non si irrigidisce.

Buona ammortizzazione: eccellente capacità di assorbire urti e vibrazioni.

Resistenza agli agenti atmosferici: buona stabilità ai raggi UV, all'umidità e all'acqua.

Leggerezza: densità molto bassa, ideale per applicazioni portatili o indossabili.

Isolamento termico e acustico: buona barriera contro calore e suoni.

Lavorabilità: può essere tagliata, termoformata, incollata o fustellata facilmente.

APPLICAZIONI COMUNI NELL'ASSORBENZA SONORA:

Pannelli Acustici: Utilizzata nella realizzazione di pannelli acustici per pareti e soffitti, contribuendo a ridurre il rumore ambientale e migliorare la qualità del suono all'interno degli edifici.

Tappeti e Rivestimenti per Pavimenti: Utilizzata in tappeti e sottofondi per pavimenti per attenuare i rumori da impatto e migliorare il comfort acustico.

Isolamento Acustico di Veicoli: Utilizzata nei veicoli per ridurre il rumore del motore e della strada, migliorando il comfort acustico all'interno dell'abitacolo.

Studio di Registrazione e Sale Prove: Impiegata per rivestire le pareti e i soffitti di studi di registrazione e sale prove, garantendo un'eccellente qualità del suono.

SILICONE PLATINICO RTV-2

COMPONENTI

Mioplasto

DESCRIZIONE:

Il silicone platinico RTV-2 è un elastomero bicomponente che polimerizza a temperatura ambiente grazie a un catalizzatore al platino. È noto per la sua alta elasticità, stabilità termica, atossicità e per la sua capacità di mantenere la forma anche con spessori elevati. Viene utilizzato soprattutto quando è necessaria una gomma flessibile ma con struttura, capace di resistere a cicli ripetuti di deformazione.



PROPRIETÀ:

Flessibilità controllata: Può variare in durezza (Shore A 10–60); ideale Shore A 30–50 per flessibilità solida.

Memoria elastica: Torna alla forma originale anche dopo deformazioni prolungate.

Stampabile in stampi rigidi/fresati: Colabile e preciso nei dettagli.

Stabilità termica: Resiste da $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Inerte e biocompatibile: Spesso usato anche in ambito medico o per contatto umano.

Resistenza all'invecchiamento: Non indurisce né si deteriora facilmente nel tempo.

APPLICAZIONI COMUNI

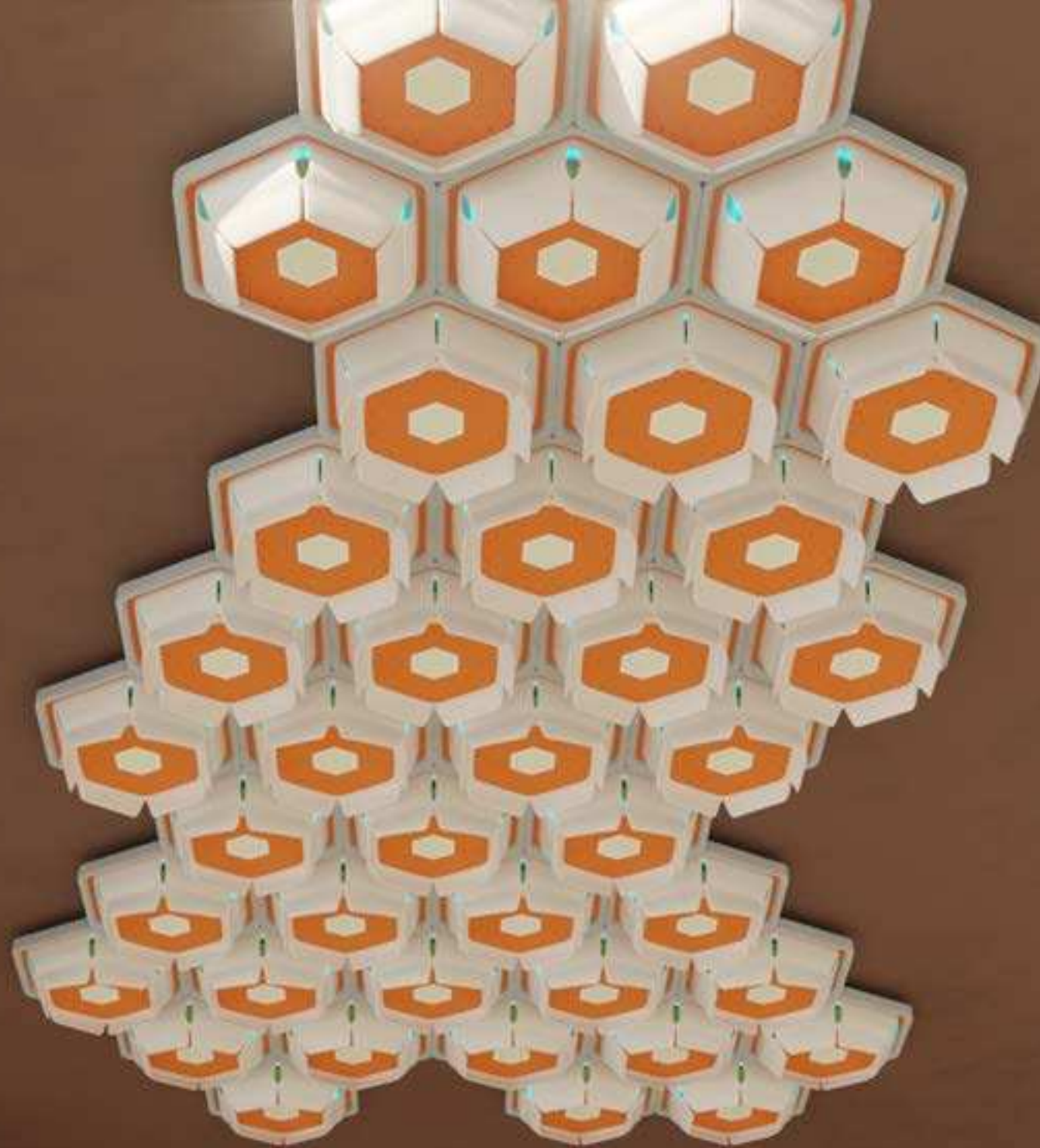
Elementi flessibili in design industriale e architettura interattiva

Componenti morbidi per robotica soft

Stampi per resina o alimenti

Interfacce tattili, guarnizioni, rivestimenti vibroassorbenti

Oggetti flessibili personalizzati in piccole produzioni o prototipazione



BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

SPAZI INTERATTIVI

Intra-action, interview of Karen Barad by Adam Kleinman, Mousse 34

https://breathingwith.multiplace.org/_media/intra-actions_interview_of_karen_barad.pdf

<https://www.moussemagazine.it/shop/mousse-34/>

Barad, Karen. (2007). *Meeting the Universe Halfway: Quantum Physics and the Entanglement of Matter and Meaning*. Durham: Duke University Press.

Hespanhol L (2023) Human-computer intra-action: a relational approach to digital media and technologies. *Front. Comput. Sci.* 5:1083800. doi: 10.3389/fcomp.2023.1083800

Ugo La Pietra. Progetto disequilibrante. Dario Scodeller. *Ais/Design Journal, Storia e Ricerche*. Vol. 3 / N.6 (2025). ISSN: 2281-7603

Ugo La Pietra racconta la mostra: Sistema Disequilibrante. Video documento della mostra "Ugo La Pietra Sistema disequilibrante", a cura di Angela Rui, Triennale di Milano, 26 Novembre 2014 - 15 Febbraio 2015. (13 set 2016)

<https://youtu.be/3lm2eMN4cM4?si=dyl5PivKk6teOVII> (10.11.2024)

LA CASA TELEMATICA, 1983 (Memoria tridimensionale/memoria bidimensionale),

<https://www.ugolapietra.com/anni-80/la-casa-telematica/> (10.11.2024)

La casa telematica. Contributi relativi al progetto "La casa telematica". Fiera di Milano 1982 Con Gianfranco Bettetini e Aldo Grasso (13 set 2016) <https://youtu.be/5FCoOwdm4Lg?si=dcVRu8KPHF8P6QzE> (10.11.2024)

<https://www.asif-khan.com/project/sochi-winter-olympics-2014/>

<https://www.archilovers.com/projects/142433/megafaces.html#images>

<https://www.studioroosegaarde.net/projects>

<https://www.studioroosegaarde.net/project/lotus>

La tecno-poesia di Daan Roosegaarde che lega bellezza e scienza, Domus, Maria Cristina Didero, Domus, 07 ottobre 2021

<https://www.studioroosegaarde.net/project/dune>

<https://www.studioroosegaarde.net/project/flow>

<https://www.studioroosegaarde.net/project/wind-3-0>

<https://www.studioroosegaarde.net/project/4d-pixel>

<https://www.media.mit.edu/groups/responsive-environments/overview/>

<https://resenv.media.mit.edu/>

https://www.media.mit.edu/projects/OLD_cityhome2/overview/

<https://newatlas.com/mit-cityhome/32279/>

<https://edge.tech/buildings/the-edge> (15/11/2024)

<https://plparchitecture.com/the-edge/> (15/11/2024)

<https://www.slc.philips.com/support/cases/office/edge> (15/11/2024)

<https://www.interact-lighting.com/global/customer-stories/the-edge> (15/11/2024)

Case study, The Edge Amsterdam, Uffici. Philips illumina il The Edge creando un ambiente confortevole, produttivo e sostenibile. Settembre 2015 Koninklijke Philips

Case study A new sustainable age for built environments with Interact connected lighting EDGE Amsterdam West, Netherlands. Interact by Signify. <https://www.interact-lighting.com/global/customer-stories/edge-west> (15/11/2024)

Beesley, Philip, ed. *Near-Living Architecture: Work in Progress from the Hylozoic Ground Collaboration 2011-2014*. Toronto: Riverside Architectural Press, 2014. Part. 1

Hylozoic Ground. *Canadian Pavilion, Venice Biennale*. Venice, IT – 2010. Philip Beesley Website. <https://www.philipbeesleystudioinc.com/sculpture/hylozoic-ground-venice-biennale/> (15/11/2024)

Hylozoic Ground. *Liminal Responsive Architecture*. Philip Beesley. Riverside Architectural Press, 2010. First ed. ISBN 978-1-926724-02-7

Philip Beesley: *Hylozoic Ground. Canadian Pavilion at Architecture Biennale Venice 2010 / Interview*. 12th International Architecture Exhibition -- La Biennale di Venezia, Venice / Italy. August 27/28, 2010. https://youtu.be/v86B9Nz_LVU?si=PAndXQaackcoOFXi (16/11/2024).

Beesley, Philip, Matthew Chan, Rob Gorbet, Dana Kulić, and Mo Memarian. "Evolving Systems within Immersive Architectural Environments: New Research by the Living Architecture Systems Group" *Next Generation Building* 2.1 (2015): 31-56.

<https://yurisuzuki.com/projects>

<https://yurisuzuki.com/projects/the-ambient-machine>

<https://www.media.mit.edu/people/neri/overview/>

<https://oxman.com/>

Oxman, Neri, Daniel Dikovsky, Boris Belocon, and W. Craig Carter. "Gemini: Engaging Experiential and Feature Scales Through Multimaterial Digital Design and Hybrid AdditiveSubtractive Fabrication." *3D Printing and Additive Manufacturing* 1, no. 3 (September 2014): 108114. © 2014 Mary Ann Liebert, Inc. <http://dx.doi.org/10.1089/3dp.2014.1505>

<https://3dprintedart.stratasys.com/projects-1/project-one-kmrce-etems-gsh6k-jj7tr-fck24-35zrs-ts548-g85dj-m9bjf-6l9h4>

<https://situ.nyc/fabrication/projects/gemini-alpha-neri-oxman>

<https://www.designboom.com/design/philips-eco-friendly-microbial-home/>

ACUSTICA INDOOR

Fasold, W.; Sonntag, E.; Winkler, H.: *Bau- und Raumakustik*, VEB Verlag für Bauwesen, Berlin 1987 ISBN3-345-00140-3

Barron, M.: *Auditorium Acoustics and Architectural Design*, E&FN Spon, London 1993 ISBN 0-419-17710-8

Meyer, E.; Bohn, L.: *Schallreflexionen an Flächen mit periodischer Struktur*. *Acustica* 2 (1952), Beiheft 4, S. 195-207.

<https://www.hunecke.de/en/knowledge/room-acoustics/index.html>

Create confidential spaces and take speech privacy to the next level, December 2021, By Rebecca A. Pinkus, MTPW, MA.

<https://www.baux.com/blog/acoustic-abc-knowledge-101/>

Ford, R. D.; McGormick, M. A.: *Panel Sound Absorbers*. *J. Sound Vib.* 10 (1969), H. 3, S. 411-423.

Maa, D.-Y.: *Microperforated-Panel Wideband Absorbers*. *Noise Control Engineering Journal* 29 (1987), H. 3, S. 77-84.

DIN EN ISO 354: *Acoustics - Measurement of sound absorption in a reverberation room*. (December 2003).

Hunecke, J.; Zha, X.: *Akustische Eigenschaften von Diffusoren aus mikroperforierten Streifen*. *Rundfunktechnische Mitteilungen* 42 (1998), H. 1, S. 1-12.

Schroeder, M. R.: *Diffuse sound reflection by maximum-length sequences*. *J. Acoust. Soc. Am.* 57 (1975), H. 1, S. 149-150.

Schroeder, M. R.: *Binaural dissimilarity and optimum ceilings for concert halls: More lateral sound diffusion*. *J. Acoust. Soc. Am.* 65 (1979), H. 4, S. 958-963.

Meyer, E.; Bohn, L.: Schallreflexionen an Flächen mit periodischer Struktur. *Acustica* 2 (1952), Beiheft 4, S. 195-207.

Fasold, W.; Sonntag, E.; Winkler, H.: *Bau- und Raumakustik*, VEB Verlag für Bauwesen, Berlin 1987, ISBN 3-345-00140-3
<https://www.mdpi.com/1996-1944/17/4/962>

Hedayati, R.; Lakshmanan, S.P. Active Acoustic Metamaterial Based on Helmholtz Resonators to Absorb Broadband Low-Frequency Noise. *Materials* 2024, 17, 962. <https://doi.org/10.3390/ma17040962>

Claeys, C.; Deckers, E.; Pluymers, B.; Desmet, W. A lightweight vibro-acoustic metamaterial demonstrator: Numerical and experimental investigation. *Mech. Syst. Signal Process.* 2016, 70–71, 853–880
https://www.researchgate.net/publication/241627298_An_Electronically_Tunable_Resonator_for_Noise_Control
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022460X05000829>
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022460X96907968>
[https://patents.google.com/patent/US7584821B2/en?q=\(active+Helmholtz+resonator\)&oq=active+Helmholtz+resonator](https://patents.google.com/patent/US7584821B2/en?q=(active+Helmholtz+resonator)&oq=active+Helmholtz+resonator)
<https://data.epo.org/publication-server/document?iDocId=1967612&iFormat=0>
[https://patents.google.com/patent/US7757808B1/en?q=\(tunable+Helmholtz\)&oq=tunable+Helmholtz+](https://patents.google.com/patent/US7757808B1/en?q=(tunable+Helmholtz)&oq=tunable+Helmholtz+)

BIOMIMESI PER SUONO E VIBRAZIONI

<https://biomimicry.net/who-we-are/>

<https://biomimicry.net/the-buzz/resources/designlens-lifes-principles/>

<https://biomimicry.net/the-buzz/resources/designlens-essential-elements/>

<https://biomimicry.net/the-buzz/resources/designlens-biomimicry-thinking/>

<https://en.bioxegy.com/biomim%C3%A9tisme/domaines-techniques-d-int%C3%A9r%C3%AAts/biomimetisme-acoustique-vibrations>

Bio-mimics for sound and vibration technologies. G. Rosenhouse Faculty of Civil Engineering - Technion, Haifa 32000, Israel. *Design and Nature II*, M. W. Collins & C. A. Brebbia (Editors) ©2004 WIT Press, ISBN 1-85312-721-3

Lardner, B., bin Lakim, M., Tree-hole frogs exploit resonance effects, *Nature*, 420, p. 475, 5.12.2002
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10672817/>

Ma Y, Ye W. Biomimetic Coupling Structure Increases the Noise Friction and Sound Absorption Effect. *Materials* (Basel). 2023 Nov 13; 16 (22):7148. doi: 10.3390/ma16227148. PMID: 38005078; PMCID: PMC10672817.
<https://asknature.org/strategy/pine-cones-open-and-close-in-response-to-weather/>

Correa, D., Poppinga, S., Mylo, M. D., Westermeier, A. S., Bruchmann, B., Menges, A., & Speck, T. (2020). 4D pine scale: biomimetic 4D printed autonomous scale and flap structures capable of multi-phase movement. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 378(2169), 20190445. <https://doi.org/10.1098/rsta.2019.0445>

Shrestha, M., Lau, G.K., Chin, Y.W. et al. A tunable acoustic absorber using reconfigurable dielectric elastomer actuated petals. *Commun Eng* 3, 11 (2024). <https://doi.org/10.1038/s44172-023-00159-z>

Actiniaria, in *WoRMS (World Register of Marine Species)*
<https://aqua.org/explore/animals/anemones>
<https://www.coralsoftheworld.org/page/structure-and-growth/#>

Colony formation, su *Corals of the World*, Australian Institute of Marine Science, 2013

