



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAMERINO

SCUOLA DI ARCHITETTURA E DESIGN “E. VITTORIA”

CORSO DI LAUREA IN

Design per l'innovazione digitale

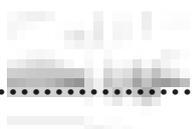
TITOLO DELLA TESI

AirGuard: Il gioiello smart che ti aiuta a respirare meglio

Laureando/a

Nome...Elisa Lupi.....

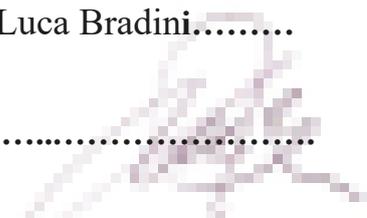
Firma.....



Relatore

Nome...Luca Bradini.....

Firma.....



Se presente eventuale Correlatore indicarne nominativo/i

.....
.....

ANNO ACCADEMICO

2023-2024



 **AirGuard**

Il gioiello smart che ti
aiuta a respirare meglio

Non bisogna tenere in massimo conto il
vivere come tale, bensì il vivere bene

Platone

PARTE 1: L'INQUINAMENTO ATMOSFERICO E L'IMPATTO SULLA SALUTE/AMBIENTE

INQUINAMENTO ATMOSFERICO: DEFINIZIONE E PANORAMICA GENERALE	1
DEFINIZIONI INQUINAMENTO ATMOSFERICO	2
DEFINIZIONE DI INQUINANTE E PRINCIPALI INQUINANTI PRIMARI E SECONDARI	3-4
DIFFERENZA TRA INQUINAMENTO INDOOR E OUTDOOR	5
TABELLA INQUINAMENTO INDOOR VS OUTDOOR	6-7
INTERAZIONE TRA INQUINAMENTO INDOOR/OUTDOOR	8
MOTIVAZIONI E BENEFICI DEL MONITORAGGIO DELLA QUALITA' DELL'ARIA	9
CONSEGUENZE DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO: IMPATTI SANITARI, AMBIENTALI ED ECONOMICI	10

PARTE2: DATI E NORMATIVE SULL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO

PANORAMICA SULLA QUALITA' DELL'ARIA IN EUROPA	11
ESPOSIZIONE INQUINANTI DELLA POPOLAZIONE URBANA DELL'UE	12
MORTI PREMATURE DOVUTE ALL'ESPOSIZIONE AL PARTICOLATO IN EUROPA	13
MAPPATURA QUALITA' DELL'ARIA IN EUROPA (AEA) (giornaliero: 29 dicembre 2024)	14
EMISSIONI DEI PRINCIPALI INQUINANTI ATMOSFERICI IN EUROPA	15
PANORAMICA SULLA QUALITÀ DELL'ARIA IN ITALIA	16
MAPPATURA QUALITA' DELL'ARIA IN ITALIA (AEA) (giornaliero: 29 dicembre 2024)	17
TECNOLOGIE EMERGENTI PER MONITORAGGIO QUALITA' ARIA- algoritmo ORSA	18
NORME SULL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO	19
NORMATIVE PER MONITORAGGIO INQUINAMENTO ATMOSFERICO	20

PARTE3: INQUINAMENTO OUTDOOR/INDOOR

TABELLA COMPARATIVA INQUINANTI INDOOR/OUTDOOR	21
Quello che non sapevi sull'inquinamento indoor...	22
CLASSIFICAZIONE INQUINANTI (approfondimento)	da 23 a 30
FONTI/CAUSE DELL'INQUINAMENTO OUTDOOR	31
FONTI/CAUSE DELL'INQUINAMENTO INDOOR	32
CONSEGUENZE DELL'INQUINAMENTO INDOOR/OUTDOOR	33

PARTE 4: STRATEGIE DI MITIGAZIONE / MONITORAGGIO DELLA QUALITA' DELL'ARIA

COME RIMUOVERE INQUINANTI? PRINCIPI DI VENTILAZIONE E IL LORO IMPATTO SUGLI INQUINANTI	34
UTILIZZO DI PURIFICATORI D'ARIA E NUOVE TECNOLOGIE PER LA DEPURAZIONE	35
USO DELLE PIANTE INDOOR PER LA FILTRAZIONE NATURALE DELL'ARIA/INNOVAZIONI NEI RIVESTIMENTI ANTI-INQUINAMENTO	36
STRATEGIE PER LA RIDUZIONE DELL'INQUINAMENTO OUTDOOR	37-38
COMPONENTI TIPICI DI UN SENSORE PER RILEVAMENTO DELLA QUALITA' DELL'ARIA	39-40
SENSORI LOW COST VS SENSORI PROFESSIONALI	41-42
STRATEGIA DI POSIZIONAMENTO DEI SENSORI INDOOR	43
STRATEGIA DI POSIZIONAMENTO DEI SENSORI OUTDOOR	44
EVOLUZIONE DELLE TECNOLOGIE PER IL MONITORAGGIO INQUINAMENTO ATMOSFERICO	45-46
PRINCIPALI TECNOLOGIE DI RILEVAMENTO	da 47 a 50

PARTE5: IL GIOIELLO CONTEMPORANEO

L'EVOLUZIONE DEL GIOIELLO NELLA STORIA E NEL DESIGN CONTEMPORANEO	51
IL GIOIELLO COME STRUMENTO DI INNOVAZIONE: dal gioiello statico a interattivo	52
IL VALORE SIMBOLICO E SOCIALE DEL GIOIELLO NELL'ERA DIGITALE	53
WEARABLE JEWELRY E I SETTORI DI APPLICAZIONE	54
FASI EVOLUTIVE E SVILUPPO DEL CONCETTO DI WEARABLE TECHNOLOGY	55
MATERIALI INNOVATIVI NEL GIOIELLO TECNOLOGICO	56
DIMENSIONAMENTO GIOIELLO (focus collane)	57
ERGONOMIA E COMFORT DEL GIOIELLO	58
COLLABORAZIONE CON AZIENDA BROS MANIFATTURE	59

PARTE 6: STATO DELL'ARTE E LE NUOVE FRONTIERE DEL DESIGN TECNOLOGICO

PAOLA E I SUOI GIOIELLI HIGH TECH: LA DESIGNER DELLA TRASPARENZA	61
CASI STUDIO GIOIELLI TECNOLOGICI (no funzione monitoraggio qualità dell'aria)	da 62 a 64
PROTOTIPO 1- AIRPEN	65
PROTOTIPO 2- TAUANITO INAIR	66
MATERIALE SEMICONDUTTORE NANOSTRUTTURATO PER LA RIVELAZIONE DI CO2	67
AirBeam3/FLOW BY PLUME LABS	68
ATMOTUBE PRO	69
Aeroqual Ranger™/ GasDoc DS-399	70
Pildegro	71
TOPINCN	72
SISCO-AIR-DM502	73
GZAIR	74

PARTE7: CONCEPT DEL GIOIELLO TECH	
IPOTESI, REQUISITI E OBIETTIVI DA RAGGIUNGERE	75
FASE DI IDEAZIONE: BRAINSTORMING	76
QUESTIONARIO DI VALUTAZIONE PROGETTAZIONE/SVILUPPO PROTOTIPO	77
FASE DI IDEAZIONE: EVOLUZIONE DEL CONCEPT E SCELTE DI DESIGN	78-79
EVOLUZIONE DELLA FORMA E DESIGN DELLA FOGLIA DI SANSEVERIA	80-81
MOODBOARD	82
VISION/MISSION/PROBLEMA/VANTAGGI	83
PERCHE' UN PENDENTE COME GIOIELLO TECH PER IL MONITORAGGIO DELL'ARIA?	84
PERCHÉ MONITORARE VOC, NH3, CO, H2S, NO2 INVECE DI ALTRI GAS?	85
DALLA MISURAZIONE ALL'AZIONE: UN GIORNO CON IL DISPOSITIVO	86
STORYBOARD ESPERIENZA	87-88
ALGORITMO ESPERIENZA	89-90
PIANIFICAZIONE E METOLOGIA PROGETTUALE	91
DIAGRAMMA DI GANTT	92
DIAGRAMMA DI GAANT-TABELLA DELLE ATTIVITA'	93-94
TABELLA DEI REQUISITI HARDWARE/SOFTWARE	95-96-97
TABELLA SVILUPPO DEI REQUISITI HARDWARE/SOFTWARE	da 98 a 101
COMPONENTI SCOCCA ESTERNA	102
COMPONENTI SCOCCA ELETTRONICA	103
SCELTA DEI COMPONENTI COMMERCIALI, TIPOLOGIA E CRITERI DI SELEZIONE	104
SENSORI PER RILEVAMENTO INQUINANTI	105
MICROCONTROLLORE E ALTRI COMPONENTI	106-107
	da 108 a 112
PARTE8: DIMENSIONAMENTO E MODELLAZIONE COMPONENTI/ASSIEMI	
MODELLAZIONE PARAMETRICA	113
DIMENSIONAMENTO COMPONENTI	da 114 a 118
RENDER	da 119 a 124
PARTE 9: SVILUPPO E PROGETTAZIONE PARTE ELETTRONICA	
PROGETTAZIONE DEL CIRCUITO ELETTRONICO PER SINGOLI COMPONENTI	da 125 a 127
PROGETTAZIONE DEL CIRCUITO ELETTRONICO COMPLETO	128
PCB	129
PROGETTAZIONE E SVILUPPO DEL PCB	130-131
FASI ASSEMBLAGGIO PARTE ELETTRONICA	132-133
HIGH LEVEL DESIGN DIAGRAM	134
DIMENSIONAMENTO DELLA BATTERIA, CALCOLO DELL'AUTONOMIA E VALUTAZIONE DEL CONSUMO ENERGETICO	135
COMUNICAZIONE DATI	136
SICUREZZA E GESTIONE DATI PERSONALI	
PARTE 10: TEST	
COME RICAVARE E PREPARARE I DATI PER IL MACHINE LEARNING	137-138
PREPARAZIONE DELL'AMBIENTE DI TEST	139-140
TEST DEI SENSORI E CALIBRAZIONE DEL DISPOSITIVO	da 141 a 144
PARTE 11: INTERACTION DESIGN	
NOTIFICHE E FEEDBACK UTENTE	145
ASSOCIAZIONE DEI 5 INQUINANTI AI COLORI DEI SIMBOLI DELLA TERRA	146
INDICAZIONI STATO DELLA DELLA BATTERIA	147
FASI DI ASSEMBLAGGIO DEL DEVICE WEARABLE	da 148 a 150
INCASTRO	da 151 a 153
CONCEPT DELL'APP MOBILE E CREAZIONE DELL'INTERFACCIA UTENTE	154-155
PARTE 12: STAMPA 3D E PROTOTIPO	
STAMPA 3D IN RESINA	156
FUNZIONALITA' DISPOSITIVO	157
VANTAGGI E SVANTAGGI STAMPA IN RESINA	158
GUIDA ALLA COSTRUZIONE DEL PROTOTIPO IN RESINA	da 159 a 162
FOTO PROTOTIPO	163
PARTE 13: MATERIALI E FASI LAVORAZIONE	
OTTONE ECOBRASS: L'OTTONE SOSTENIBILE	164
CUBIC ZIRCONIA	165
FASI PROCESSO REALIZZAZIONE GIOIELLO	166-167
2 VERSIONI: PVD GUN + ACCIAIO	168
PARTE 14: CONTESTI D'USO E INDOSSABILITA'	
SVILUPPO DI SCENARI D'USO REALISTICI	169-170
INDOSSABILITA' DELLA COLLANA	171
PARTE 15: MILESTONE E LOGO	
PREVISIONE 3 ANNI DI SVILUPPO PRODOTTO	172
MILESTONE DI PROGETTO (2 pagine)	173-174
LOGO	175
FOTOINSERIMENTI	176
CONCLUSIONI	177
RINGRAZIAMENTI	178
SITOGRAFIA E BIBLIOGRAFIA	179

CONTESTO E RILEVANZA DEL TEMA

L'inquinamento atmosferico rappresenta una delle maggiori sfide globali per la salute pubblica e la sostenibilità ambientale. Ogni anno, milioni di persone muoiono prematuramente a causa dell'esposizione a inquinanti atmosferici, con un impatto sulla salute umana paragonabile a quello del tabagismo e di una dieta non equilibrata. Le conseguenze di questa problematica vanno ben oltre la salute individuale, influenzando negativamente gli ecosistemi, il clima e l'economia mondiale. L'inquinamento atmosferico deriva da una molteplicità di fonti, sia naturali che antropiche. Tra le principali fonti di origine umana si annoverano la combustione di combustibili fossili nei settori dei trasporti, dell'industria e della produzione energetica, l'agricoltura intensiva e la deforestazione. L'inquinamento atmosferico è responsabile di un aumento significativo delle malattie non trasmissibili (MNT), tra cui patologie cardiovascolari, respiratorie e neurologiche. Numerosi studi scientifici dimostrano che l'esposizione prolungata agli inquinanti atmosferici è correlata a un incremento della mortalità per ictus, cancro al polmone e broncopneumopatia cronica ostruttiva (BPCO). Per contrastare questa crisi, i governi di tutto il mondo hanno intensificato gli sforzi normativi, allineandosi alle linee guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) e agli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (OSS) delle Nazioni Unite. Dal 1987, l'OMS fornisce parametri di riferimento per gli inquinanti chiave, aggiornando periodicamente i limiti in base alle più recenti evidenze scientifiche. Tra le principali strategie adottate per la riduzione dell'inquinamento atmosferico vi sono: l'introduzione di standard più rigorosi per i veicoli e gli impianti industriali ha portato a una riduzione delle emissioni nei paesi sviluppati, la transizione verso fonti energetiche pulite, come l'energia solare ed eolica, riduce la dipendenza dai combustibili fossili, l'adozione di materiali da costruzione ecocompatibili, sistemi di ventilazione avanzati e regolamenti specifici per la qualità dell'aria negli ambienti chiusi.

Affrontare l'inquinamento atmosferico richiede un approccio integrato, che combini regolamentazioni efficaci, innovazioni tecnologiche e sensibilizzazione pubblica. Sebbene i progressi siano stati significativi in alcune regioni del mondo, è fondamentale intensificare gli sforzi globali per garantire un'aria più pulita e un futuro sostenibile per le generazioni a venire. Solo attraverso una collaborazione internazionale e un impegno condiviso sarà possibile mitigare gli effetti dell'inquinamento atmosferico e proteggere la salute del pianeta e delle persone.





“Molti potrebbero sorprendersi nel sapere che l'aria di una strada mediamente trafficata può risultare più pulita di quella del proprio salotto. Studi recenti hanno dimostrato che alcuni inquinanti atmosferici possono raggiungere concentrazioni più elevate negli ambienti chiusi rispetto all'esterno. In passato, l'attenzione si concentrava maggiormente sull'inquinamento atmosferico esterno, trascurando la qualità dell'aria indoor. Tuttavia, negli ultimi anni, i rischi legati all'esposizione a inquinanti negli spazi chiusi sono diventati sempre più evidenti.”

(Fonte: EEA - Qualità dell'aria interna)

ABSTRACT

Nel contesto attuale, caratterizzato da una crescente attenzione alla sostenibilità ambientale e alla qualità della vita, questa tesi si propone di sviluppare un innovativo dispositivo indossabile: un gioiello tecnologico capace di monitorare in tempo reale la qualità dell'aria sia in ambienti indoor che outdoor. Questo dispositivo rappresenta una sintesi avanzata tra estetica, funzionalità e tecnologia, integrando sensori di ultima generazione in un design raffinato. L'obiettivo è offrire una soluzione accessibile a chi desidera uno strumento di monitoraggio ambientale senza rinunciare all'eleganza e al comfort. Il dispositivo è in grado di rilevare parametri chiave relativi alla qualità dell'aria, tra cui la concentrazione di composti organici volatili (VOC), biossido di azoto (NO₂) e monossido di carbonio (CO)... L'architettura hardware è stata progettata per garantire un'acquisizione dati continua e affidabile, supportata da un algoritmo avanzato che elabora le informazioni in tempo reale per identificare tendenze, anomalie e situazioni di rischio. Particolare attenzione è stata dedicata all'ergonomia e alla sostenibilità del dispositivo. La scelta dei materiali ha privilegiato soluzioni a basso impatto ambientale, come l'ottone ecobrass e cristalli cubic zirconia. E' stata implementata una batteria ricaricabile a lunga durata, affiancata da un sistema di gestione intelligente dell'energia per ottimizzare i consumi. La struttura della tesi si articola in diverse sezioni fondamentali. Nei primi capitoli viene trattata la tematica della qualità dell'aria da una prospettiva globale, con un'analisi approfondita dell'inquinamento atmosferico a livello europeo e nazionale. Sono esaminate le principali fonti di inquinamento, gli effetti sulla salute e sull'ambiente, nonché le normative vigenti, con particolare attenzione agli standard relativi agli ambienti indoor, dove l'esposizione agli inquinanti può essere altrettanto critica rispetto agli ambienti esterni. Nei capitoli successivi viene approfondita la natura degli inquinanti atmosferici, distinguendo tra quelli presenti in ambienti indoor e outdoor, si analizzano le loro fonti di emissione, gli effetti sulla salute e le strategie attuali per il monitoraggio e la mitigazione dell'inquinamento, confronto tra le tecnologie tradizionali e moderne di rilevamento della qualità dell'aria e tutto questo ha fornito un contesto di studio per la progettazione del dispositivo indossabile. L'ultima parte della tesi è interamente dedicata al processo di progettazione e sviluppo del device. Vengono definiti i requisiti tecnici e le specifiche funzionali, seguiti da una fase esplorativa di design che include la realizzazione di bozze e concept, lo studio dell'ergonomia e delle proporzioni e la miniaturizzazione dei componenti tecnologici. La realizzazione del prototipo è stata supportata da tecniche avanzate di stampa 3D in resina, seguita da test sperimentali sui sensori, analisi delle prestazioni del sistema di gestione energetica... Infine, sono state effettuate simulazioni fotorealistiche per visualizzare il prodotto finale nel suo contesto d'uso. L'approccio adottato in questa ricerca non solo propone una soluzione innovativa per il monitoraggio ambientale, ma il dispositivo sviluppato dimostra come un wearable possa combinare funzionalità avanzate con un'estetica raffinata, contribuendo concretamente al benessere individuale e collettivo.



PARTE 1
L'INQUINAMENTO ATMOSFERICO
E L'IMPATTO SULLA SALUTE/AMBIENTE

1.1 INQUINAMENTO ATMOSFERICO: DEFINIZIONE E PANORAMICA GENERALE

L'inquinamento atmosferico rappresenta una delle problematiche ambientali più rilevanti e complesse del nostro tempo, con significative ripercussioni sulla salute umana, sugli ecosistemi e sul clima globale. Esso deriva dalla presenza e dall'accumulo nell'atmosfera di sostanze nocive, emesse da fonti naturali e antropiche, che alterano la composizione chimico-fisica dell'aria. Nel 1973, Williamson ha introdotto una distinzione fondamentale tra i concetti di contaminante e inquinante. Un contaminante è definito come "ogni elemento introdotto nell'ambiente che causa una deviazione dalla composizione geochimica media". Un inquinante, invece, rappresenta una specifica categoria di contaminante, in quanto ha effetti nocivi sulla salute umana e sugli ecosistemi.

FATTORI CHE INFLUENZANO L'INQUINAMENTO ATMOSFERICO

Il problema dell'inquinamento atmosferico ha iniziato a destare preoccupazione a partire dagli anni '70, soprattutto nei grandi agglomerati urbani. A seguito di episodi gravi di smog (come quello di Londra nel 1952), molti paesi hanno adottato politiche mirate alla riduzione delle emissioni di agenti inquinanti, attraverso regolamentazioni sempre più stringenti. L'inquinamento atmosferico è il risultato di una complessa interazione tra fattori che ne determinano l'accumulo e altri che ne favoriscono la rimozione e dispersione.

Tra i principali elementi che influenzano la variazione spazio-temporale della qualità dell'aria vi sono:

1. Le emissioni inquinanti: la quantità e le modalità di emissione dipendono dalla natura delle sorgenti, che possono essere puntiformi (es. impianti industriali, centrali termoelettriche) o diffuse (es. traffico veicolare, riscaldamento domestico). Anche l'altezza di emissione incide sulla dispersione degli inquinanti: emissioni elevate tendono a diffondersi maggiormente rispetto a quelle prossime al suolo.

2. La persistenza degli inquinanti nell'atmosfera: essa dipende dalle caratteristiche chimico-fisiche delle sostanze emesse. Alcuni inquinanti hanno una vita atmosferica breve (es. monossido di carbonio), mentre altri possono resistere per giorni o settimane (es. particolato fine, biossido di azoto, ozono troposferico).

3. Le condizioni meteorologiche e la circolazione atmosferica: la velocità del vento, la stabilità dell'aria, la presenza di inversioni termiche e le precipitazioni influenzano la dispersione e la diluizione degli inquinanti. Ad esempio, nelle aree urbane circondate da catene montuose, l'accumulo di sostanze inquinanti è facilitato da fenomeni di stagnazione atmosferica.

1. 2 DEFINIZIONI INQUINAMENTO ATMOSFERICO

1. Parlamento Europeo

"L'inquinamento atmosferico rappresenta una delle principali minacce ambientali per la salute pubblica in Europa e nel mondo. Si verifica quando sostanze nocive, tra cui particolato fine (PM2.5 e PM10), biossido di azoto (NO₂), ozono troposferico (O₃), VOC... vengono rilasciate nell'atmosfera in concentrazioni superiori ai limiti considerati sicuri per l'uomo e l'ambiente. L'esposizione a lungo termine a tali sostanze può aumentare il rischio di patologie cardiovascolari e respiratorie croniche, incidere sulla qualità della vita e causare mortalità prematura. Gli inquinanti atmosferici derivano da attività industriali, emissioni veicolari, produzione energetica e processi naturali"

<https://www.europarl.europa.eu/factsheets/it/sheet/75/inquinamento-atmosferico-e-acustico>

2. Corte dei Conti Europea

"L'inquinamento atmosferico è il risultato dell'immissione nell'aria di particelle solide, gassose e liquide di origine antropica e naturale, che alterano la composizione chimico-fisica dell'atmosfera e generano effetti negativi sugli esseri viventi e sulle infrastrutture. Gli agenti inquinanti possono derivare da combustibili fossili, trasporti, processi industriali e attività agricole, nonché da eventi naturali come eruzioni vulcaniche e incendi boschivi. Le sostanze più pericolose includono ossidi di zolfo (SO_x), ossidi di azoto (NO_x), monossido di carbonio (CO), composti organici volatili (COV), metalli pesanti.... L'inquinamento atmosferico è responsabile di danni alla salute umana, riduzione della biodiversità, acidificazione del suolo, deterioramento del patrimonio edilizio..."

<https://www.europarl.europa.eu/factsheets/it/sheet/75/inquinamento-atmosferico-e-acustico>

3. Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (Italia)

"L'inquinamento atmosferico è un fenomeno ambientale complesso che si manifesta con l'accumulo di sostanze inquinanti nell'aria in concentrazioni superiori ai livelli considerati sicuri per la salute umana e l'ambiente. Secondo il Protocollo di Göteborg del 1999, il termine "emissione" è definito come il rilascio in atmosfera di sostanze di origine antropica provenienti da fonti puntuali o diffuse. Tali emissioni derivano principalmente dai processi industriali, dalla combustione di carburanti fossili per il trasporto e il riscaldamento domestico, dalle attività agricole e da fenomeni naturali. L'inquinamento atmosferico può generare impatti su scala locale, con la formazione di smog e polveri sottili, ma anche su scala globale, contribuendo all'effetto serra e ai cambiamenti climatici."

<https://www.mase.gov.it/pagina/emissioni-atmosfera>

4. Istituto Superiore di Sanità (ISS)

"L'inquinamento atmosferico rappresenta il più rilevante fattore di rischio ambientale per la salute pubblica, con impatti significativi sia nelle aree urbane che in quelle rurali. Gli agenti inquinanti presenti nell'aria possono essere di origine primaria, quando vengono immessi direttamente nell'atmosfera, o secondaria, quando derivano da reazioni chimiche tra sostanze già presenti. Il particolato fine (PM2.5), l'ozono (O₃), il biossido di azoto (NO₂) e altri inquinanti sono associati a disturbi respiratori, cardiovascolari e neurologici, nonché a un aumento della mortalità prematura. Inoltre, l'inquinamento atmosferico incide sulla qualità della vita, influenzando il benessere della popolazione e l'ecosistema terrestre. Le strategie di riduzione delle emissioni e il monitoraggio costante della qualità dell'aria sono strumenti fondamentali per mitigare questi effetti negativi."

<https://www.epicentro.iss.it/ambiente/qualita-aria-linee-guida-oms-2021>

8. Wikipedia

"L'inquinamento atmosferico è una forma di alterazione della composizione chimico-fisica dell'aria causata dall'immissione di agenti inquinanti di origine antropica e naturale. Esso influisce negativamente sulla salute umana, sugli ecosistemi e sul clima, determinando fenomeni come piogge acide e riduzione dello strato di ozono."

https://it.wikipedia.org/wiki/Inquinamento_atmosferico

5. Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS)

"L'inquinamento atmosferico è uno dei principali rischi ambientali per la salute umana e si stima che causi circa 7 milioni di morti premature all'anno a livello globale. L'esposizione prolungata a inquinanti atmosferici è stata collegata a un aumento delle malattie respiratorie e cardiovascolari, nonché a effetti negativi sullo sviluppo cognitivo nei bambini e sulle funzioni neurodegenerative negli anziani. L'OMS ha stabilito linee guida rigorose per il miglioramento della qualità dell'aria e la riduzione dell'impatto sanitario dell'inquinamento atmosferico."

<https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/air-quality-23-2018/it/#:~:text=Secondo%20l'Organizzazione%20mondiale%20della,centinaia%20di%20miliardi%20di%20euro.>

6. Agenzia Europea dell'Ambiente (AEA)

"L'inquinamento atmosferico è considerato il principale fattore di rischio ambientale per la salute umana in Europa. Le sostanze inquinanti presenti nell'aria derivano in larga parte dall'attività industriale, dal traffico veicolare e dall'agricoltura intensiva. Il loro impatto non si limita alla salute umana, ma influisce anche sugli ecosistemi, contribuendo all'acidificazione del suolo, alla perdita di biodiversità e alla degradazione degli habitat naturali. L'Agenzia Europea dell'Ambiente monitora costantemente la qualità dell'aria nei Paesi membri dell'UE, fornendo dati aggiornati e supportando strategie per la riduzione dell'inquinamento atmosferico."

<https://www.eea.europa.eu/it/articles/editoriale-aria-piu-pulita-un>

7. Enciclopedia Treccani

"L'inquinamento atmosferico è definito come la presenza nell'aria di sostanze allo stato di gas, vapori, nebbie o particolato, che possono risultare nocive o moleste per gli esseri viventi o dannose per materiali e infrastrutture. Tali sostanze sono spesso di origine antropica e derivano principalmente dalla combustione di carburanti fossili e dall'attività industriale. Gli effetti dell'inquinamento atmosferico possono essere locali, come la formazione di smog fotochimico, o globali, come il riscaldamento climatico."

<https://www.treccani.it/enciclopedia/ricerca/inquinamento%20atmosferico/?search=inquinamento%20atmosferico>



1.3 DEFINIZIONE DI INQUINANTE E PRINCIPALI INQUINANTI PRIMARI E SECONDARI

Un inquinante atmosferico è una sostanza o un agente in grado di alterare l'equilibrio di un sistema atmosferico precedentemente in condizioni stazionarie. Questa alterazione può manifestarsi attraverso diversi meccanismi:

1. Modifica delle proprietà fisiche, chimiche e biologiche dell'aria, determinando variazioni nella sua composizione e influenzandone le caratteristiche intrinseche, come temperatura, umidità e pressione.

2. Variazione dei rapporti quantitativi tra le sostanze già presenti nell'atmosfera, alterandone le concentrazioni relative e, di conseguenza, compromettendo l'equilibrio ambientale e il funzionamento degli ecosistemi.

3. Introduzione di composti estranei potenzialmente nocivi, i quali possono avere effetti dannosi sulla salute degli organismi viventi, sia direttamente (attraverso inalazione o contatto) sia indirettamente (tramite il bioaccumulo e la contaminazione di suolo e acqua).

L'aria, essendo una miscela complessa e dinamica di gas e particelle, non ha una composizione fissa, ma varia sia nello spazio sia nel tempo a causa di fattori naturali e antropici. Tra i principali fattori naturali si annoverano le eruzioni vulcaniche, gli incendi spontanei delle foreste, la dispersione di pollini e spore, mentre le fonti antropiche includono attività industriali, traffico veicolare, combustione di carburanti fossili, agricoltura intensiva e pratiche di deforestazione. Questa continua variabilità rende particolarmente complesso definire uno standard di qualità dell'aria universalmente riconosciuto come "naturale" o "incontaminato". Per questo motivo, il concetto di inquinamento atmosferico viene delineato attraverso criteri convenzionali (parametri normativi). Si considera inquinata quell'aria la cui composizione supera determinati limiti di concentrazione per specifiche sostanze, soglie fissate per legge al fine di prevenire impatti negativi sulla salute umana, sugli animali, sulla vegetazione, sui materiali e sugli ecosistemi nel loro complesso.



INQUINANTI PRIMARI

Gli inquinanti primari sono sostanze che vengono rilasciate direttamente nell'atmosfera nella loro forma originaria, senza subire trasformazioni chimiche immediate. Essi derivano da processi naturali o attività antropiche, come la combustione di combustibili fossili o fenomeni geologici (ad esempio, eruzioni vulcaniche e incendi boschivi). Un esempio tipico di inquinante primario è il monossido di carbonio (CO), prodotto dalla combustione incompleta di carburanti. Anche le polveri sottili emesse direttamente da attività industriali o eventi naturali, come le tempeste di sabbia, rientrano in questa categoria.

INQUINANTI SECONDARI

Gli inquinanti secondari non vengono emessi direttamente nell'atmosfera, ma si formano successivamente attraverso reazioni chimiche tra diverse sostanze già presenti nell'aria, tra cui anche gli stessi inquinanti primari. Un esempio emblematico è l'ozono troposferico (O₃), il quale si genera attraverso reazioni fotochimiche tra ossidi di azoto (NO₂) e composti organici volatili (COV) in presenza della radiazione solare, contribuendo alla formazione dello smog fotochimico.

IL PARTICOLATO FINE: UN CASO PARTICOLARE

Oltre agli inquinanti primari e secondari, esistono anche sostanze, come il particolato fine (PM_{2,5} e PM₁₀), la cui origine può derivare in parti pressoché equivalenti sia da emissioni dirette sia da processi di trasformazione chimica in atmosfera. Studi scientifici dimostrano che il particolato fine è composto da una combinazione di particelle solide e liquide sospese nell'aria, con effetti dannosi sulla salute umana e sugli ecosistemi, rendendolo uno degli inquinanti più monitorati a livello globale. La complessità delle interazioni tra gli inquinanti e la loro variabilità temporale e spaziale rende essenziale un costante monitoraggio della qualità dell'aria, oltre a un'attenta regolamentazione delle emissioni per limitare i rischi associati all'inquinamento atmosferico.

1.4 DIFFERENZA TRA INQUINAMENTO INDOOR E OUTDOOR

INQUINAMENTO OUTDOOR

L'inquinamento outdoor si riferisce alla contaminazione dell'aria negli spazi aperti: il traffico stradale, le emissioni derivanti dai processi industriali, l'uso di combustibili solidi (legna, carbone) e liquidi (gasolio) per il riscaldamento delle abitazioni rappresentano fonti rilevanti di emissioni di inquinanti, specialmente nelle stagioni fredde.

Le condizioni atmosferiche e la conformazione del territorio influenzano la dispersione degli inquinanti.

Ad esempio, il bacino padano in Italia è una delle aree più inquinate d'Europa a causa della sua conformazione geografica, che limita la circolazione dell'aria e favorisce l'accumulo di particolato.

INQUINAMENTO INDOOR

Il Ministero dell'Ambiente definisce l'inquinamento indoor come "la presenza nell'aria di ambienti confinati di contaminanti fisici, chimici e biologici non presenti naturalmente nell'aria esterna di sistemi ecologici di elevata qualità". L'espressione "ambiente indoor" si riferisce a spazi chiusi non industriali destinati alla vita e al lavoro, tra cui abitazioni, uffici, strutture comunitarie (ospedali, scuole, caserme, alberghi, banche), locali per attività ricreative e sociali (cinema, bar, ristoranti, negozi, impianti sportivi) e mezzi di trasporto pubblici e privati (automobili, treni, aerei, navi). L'inquinamento indoor è una questione di primaria importanza, poiché la popolazione trascorre fino all'80-90% del proprio tempo in ambienti chiusi. Contrariamente a quanto si potrebbe pensare, l'inquinamento indoor può essere più pericoloso di quello esterno: questo avviene perché si sommano gli inquinanti provenienti dall'aria urbana (polveri sottili, particolato PM10 e PM2.5, biossido di azoto) con le sostanze inquinanti generate all'interno delle abitazioni e degli ambienti chiusi.



INQUINAMENTO INDOOR VS OUTDOOR		
	AMBIENTE INDOOR	AMBIENTE OUTDOOR
DEFINIZIONE	Presenza di agenti inquinanti all'interno di ambienti chiusi come case, uffici, scuole, ospedali, centri commerciali.	Presenza di agenti inquinanti nell'aria esterna, derivanti da attività umane e fenomeni naturali.
PRINCIPALI FONTI DI INQUINAMENTO	<ul style="list-style-type: none"> -Materiali da costruzione (vernici, colle, amianto, legno trattato) -Fumo di tabacco -Sistemi di riscaldamento e combustione (stufe a legna, camini, fornelli a gas) -Uso di prodotti chimici (detergenti, pesticidi, deodoranti per ambienti, solventi) -Arredi e tessuti che rilasciano composti organici volatili (COV) -Scarso ricambio d'aria e sistemi di ventilazione inadeguati -Gli occupanti stessi, ovvero persone e animali domestici, che emettono CO₂ e altre particelle biologiche. -La polvere, che funge da ricettacolo per microrganismi e allergeni. -L'aria esterna, che può introdurre inquinanti anche all'interno degli edifici. 	<ul style="list-style-type: none"> -Traffico veicolare (gas di scarico, particolato, ossidi di azoto e zolfo) -Emissioni industriali (raffinerie, centrali elettriche, fabbriche) -Produzione energetica (combustione di carbone, petrolio, gas naturale) -Incendi boschivi e fenomeni naturali (ceneri vulcaniche, tempeste di sabbia, pollini) -Agricoltura e zootecnia (fertilizzanti, pesticidi, emissioni di metano dagli allevamenti)
PRINCIPALI INQUINANTI	<ul style="list-style-type: none"> -Formaldeide rilasciata da mobili, pitture, tessuti -Radon un gas radioattivo naturale che può accumularsi nelle abitazioni -Monossido di carbonio (CO) stufe, caldaie, camini mal ventilati -Diossine e furani derivati da combustioni incomplete -Composti organici volatili (VOC) solventi, vernici, deodoranti -Bioaerosol, allergeni, pollini, spore e muffe, causate da umidità e scarsa ventilazione -Particolato fine (PM2.5, PM10) fumo, combustione, polvere -Fumo passivo, derivante dalla combustione del tabacco. -Ozono e anidride carbonica (CO₂), prodotti da vari dispositivi e sistemi di ventilazione. 	<ul style="list-style-type: none"> -Particolato sospeso (PM10, 2.5, 1) traffico, industrie, incendi -Ossidi di azoto (NOx) scarichi auto, combustione -Ozono troposferico (O₃) reazione chimica tra NOx e VOC alla luce solare -Ossidi di zolfo (SOx) centrali a carbone, emissioni industriali -Benzene e IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici) combustibili fossili, fumo di sigaretta, processi industriali -Diossine e metalli pesanti (piombo, mercurio, arsenico) industrie, traffico, rifiuti
EFFETTI SULLA SALUTE (effetti a lungo termine)	Aumento del rischio di tumori (radon, formaldeide, benzene); malattie cardiovascolari e respiratorie croniche; problemi neurologici (esposizione prolungata a metalli pesanti, solventi); deficit cognitivi nei bambini; disturbi del sistema immunitario.	Patologie respiratorie croniche (BPCO, enfisema polmonare); aumento del rischio di ictus e infarti; sviluppo di tumori polmonari e del sangue (leucemia); riduzione dell'aspettativa di vita nelle aree altamente inquinate; effetti negativi sullo sviluppo fetale e nei bambini.

INQUINAMENTO INDOOR VS OUTDOOR		
	AMBIENTE INDOOR	AMBIENTE OUTDOOR
EFFETTI SULLA SALUTE (effetti a breve termine)	<p>La risposta individuale agli inquinanti varia in base a fattori genetici, condizioni di salute preesistenti e durata dell'esposizione.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Irritazione oculare, nasale e della gola dovuta alla presenza di composti volatili irritanti, come la formaldeide e i composti organici volatili (COV). 2. Mal di testa, nausea e vertigini, spesso associati a monossido di carbonio (CO) e solventi chimici. 3. Senso di affaticamento e difficoltà di concentrazione, dovuto a una scarsa qualità dell'aria e all'accumulo di anidride carbonica (CO₂). 4. Peggioramento di sintomi allergici e asmatici, legato alla presenza di allergeni come muffe, polveri 5. Secchezza o irritazione della pelle e delle mucose, causata da inquinanti chimici e polveri sospese. 6. Esacerbazione di patologie respiratorie preesistenti, come bronchiti e asma, in presenza di particolato fine (PM_{2.5} e PM₁₀). <p>In generale, questi effetti tendono ad essere transitori e si risolvono spontaneamente allontanandosi dalla fonte di inquinamento e garantendo un'adeguata ventilazione degli ambienti.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Irritazione delle vie respiratorie superiori, con sintomi come tosse e produzione eccessiva di muco, a causa dell'azione irritante delle polveri sottili e dei gas tossici. 2. Broncocostrizione e difficoltà respiratoria, soprattutto nei soggetti predisposti, come asmatici e persone con patologie polmonari. 3. Infiammazione e stress ossidativo a livello polmonare, provocato dall'azione aggressiva dell'ozono e di altri agenti ossidanti. 4. Peggioramento di patologie cardiovascolari, dovuto all'inalazione di particolato ultrafine che può entrare nel flusso sanguigno e alterare la funzione vascolare. 5. Irritazione cutanea e oculare, conseguenza diretta del contatto con particelle inquinanti sospese nell'aria. 6. Mal di testa e senso di confusione, dovuti a esposizioni elevate a monossido di carbonio in aree trafficate o in ambienti chiusi con scarsa aerazione.
POPOLAZIONE PIU' A RISCHIO	<ul style="list-style-type: none"> -Bambini (maggiore vulnerabilità ai COV e al fumo passivo) -Anziani (maggiore predisposizione a problemi respiratori e cardiaci) -Persone con patologie preesistenti (asma, allergie, malattie polmonari) -Lavoratori in ambienti chiusi con scarsa ventilazione 	<ul style="list-style-type: none"> -Residenti in aree urbane altamente trafficate -Persone con malattie respiratorie o cardiache -Lavoratori esposti a sostanze chimiche (minatori, operai, agricoltori) -Bambini e donne in gravidanza (rischio di danni neurologici e malformazioni)
MISURE DI PREVENZIONE	<ul style="list-style-type: none"> -Migliorare la ventilazione (aprire finestre, usare sistemi di ventilazione adeguati) -Utilizzare materiali non tossici (vernici, colle, mobili certificati senza formaldeide) -Evitare il fumo indoor (vietare il fumo in casa e nei luoghi chiusi) -Utilizzare purificatori d'aria (con filtri HEPA per eliminare particolato e allergeni) -Evitare prodotti chimici aggressivi (preferire alternative naturali per la pulizia) -Mantenere sotto controllo umidità e muffe (uso di deumidificatori, ispezioni periodiche) -Optare per prodotti naturali e biodegradabili. -Mantenere livelli di umidità tra il 40% e il 60% per prevenire la formazione di muffe/batteri -Alcune piante come il pothos, sansevieria e la felce di Boston possono assorbire sostanze nocive 	<ul style="list-style-type: none"> -Riduzione delle emissioni industriali e dei trasporti (uso di energie rinnovabili, norme anti-inquinamento) -Migliorare la qualità dei combustibili (eliminare carbone e combustibili fossili altamente inquinanti) -Mobilità sostenibile (mezzi pubblici, biciclette, auto elettriche) -Aumentare le aree verdi (piante e alberi assorbono inquinanti e migliorano la qualità dell'aria) -Monitoraggio costante della qualità dell'aria (centraline di rilevamento, allarmi smog)

INTERAZIONE TRA INQUINAMENTO INDOOR/OUTDOOR

Mentre si trovano facilmente informazioni attendibili ed aggiornate sullo stato dell'inquinamento outdoor (aria esterna), circola invece molta meno informazione sui rischi correlati all'aria indoor (domestica) che è la risultante dell'inquinamento esterno e dell'inquinamento domestico. Gli ambienti interni e esterni non sono sistemi isolati: esiste uno scambio continuo di inquinanti attraverso le aperture degli edifici, la ventilazione naturale e meccanica e la deposizione sulle superfici. La velocità di infiltrazione dipende dalla differenza di pressione tra interno ed esterno, dalla porosità dell'edificio e dalle condizioni meteorologiche; alcuni inquinanti esterni vengono rimossi dalle superfici interne per deposizione o assorbiti da materiali porosi come legno, tessuti e pareti, inoltre alcuni inquinanti si trasformano all'interno degli edifici. Ad esempio, l'ozono può reagire con materiali interni formando prodotti secondari come aldeidi e acidi organici.

FATTORI CHE INFLUENZANO IL TRASPORTO E L'ACCUMULO DI INQUINANTI NEGLI EDIFICI

1. Caratteristiche dell'edificio

Alcuni materiali rilasciano inquinanti nel tempo (es. formaldeide da pannelli truciolari).

Un edificio ben isolato riduce l'ingresso di inquinanti esterni, ma può favorire l'accumulo di inquinanti interni se non adeguatamente ventilato. La qualità della ventilazione meccanica e dei filtri influisce sulla rimozione o sulla concentrazione degli inquinanti.

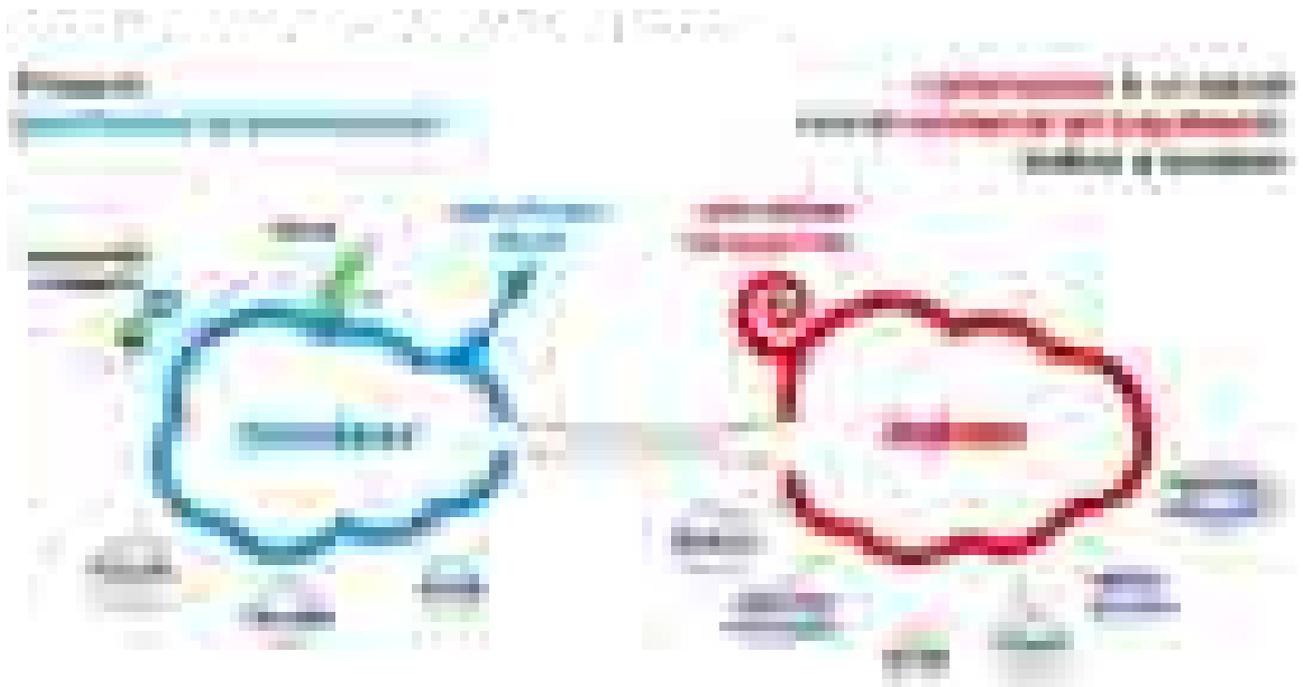
2. Condizioni meteorologiche e ambientali

L'elevata umidità favorisce la proliferazione di muffe e acari, mentre temperature elevate accelerano l'emissione di VOC dai materiali da costruzione. Inoltre la velocità e la direzione del vento influenzano la dispersione degli inquinanti esterni e il loro ingresso negli edifici, mentre le piogge e le precipitazioni possono ridurre il particolato atmosferico all'esterno, ma viene influenzata la qualità dell'aria che entra negli ambienti interni.

3. Attività umane

Uso di prodotti chimici come detersivi, vernici e pesticidi rilasciano VOC e altre sostanze pericolose.

La cottura dei cibi genera particolato e gas nocivi, come monossido di carbonio e idrocarburi policiclici aromatici. Inoltre il fumo di sigaretta è una delle principali fonti di inquinamento indoor, con effetti negativi sulla salute.



1.7 MOTIVAZIONI E BENEFICI DEL MONITORAGGIO DELLA QUALITA' DELL'ARIA

BENEFICI PER LA SALUTE

- Individuare livelli critici di inquinanti facilitando interventi tempestivi.
- Migliorare il comfort e la qualità della vita quotidiana negli ambienti chiusi.
- Prevenire problemi di salute come allergie, asma e disturbi cardiovascolari o malattie respiratorie
- Ottimizzare i sistemi HVAC per un ricambio d'aria efficiente e una riduzione dei consumi energetici.
- Prevenire la sindrome dell'edificio malato (SBS), riducendo mal di testa, irritazioni agli occhi e quindi aumentare la produttività e le prestazioni cognitive nei luoghi di lavoro e studio.
- Prevenire e gestire emergenze ambientali, come smog e superamenti delle soglie di sicurezza.
- Aumentare la consapevolezza ambientale tra cittadini e aziende, incentivando pratiche più sostenibili.

BENEFICI AMBIENTALI

- Regolamentazione delle emissioni industriali e dei trasporti.
- Promozione della mobilità sostenibile.
- Pianificazione urbana basata sulla qualità dell'aria.
- Riduzione delle piogge acide e della contaminazione del suolo e dell'acqua.
- Protezione della biodiversità e degli ecosistemi naturali.
- Monitoraggio delle emissioni di gas serra per promuovere la transizione ecologica.

BENEFICI ECONOMICI

- Minore spesa per farmaci e cure mediche.
- Riduzione dei ricoveri ospedalieri.
- Riduzione dei consumi energetici.
- Maggiore efficienza operativa.
- Miglioramento del comfort e della sicurezza negli ambienti monitorati.



1. 8 CONSEGUENZE DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO: IMPATTI SANITARI, AMBIENTALI ED ECONOMICI

IMPATTO SULLA SALUTE

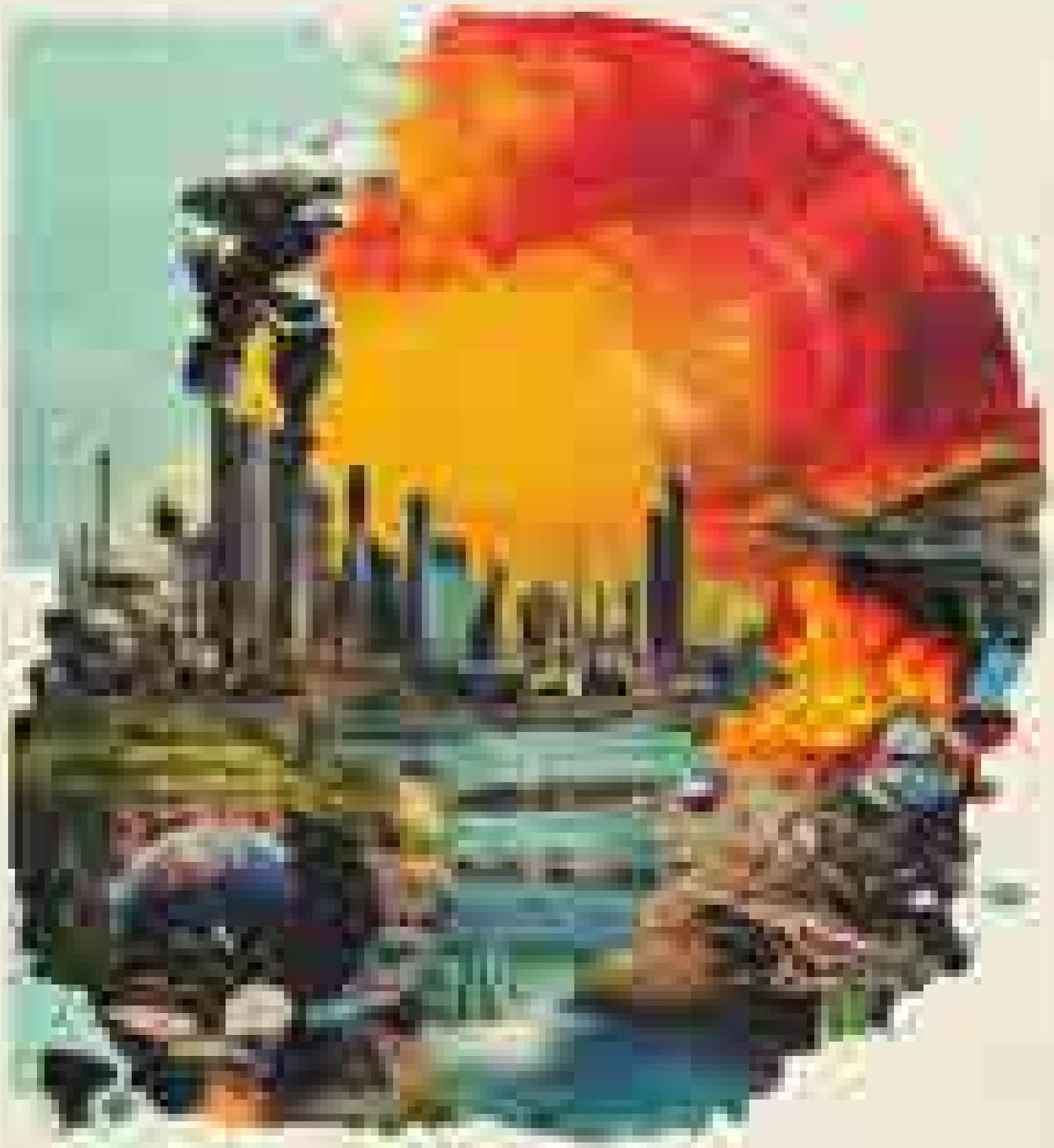
L'inquinamento atmosferico è responsabile di milioni di morti premature ogni anno. Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), nel 2023 il 99% della popolazione mondiale respirava aria con livelli di inquinanti superiori alle soglie raccomandate. Gli agenti inquinanti più dannosi includono il particolato fine (PM2.5 e PM10), il biossido di azoto (NO₂), il monossido di carbonio (CO) e l'ozono troposferico (O₃), tutti collegati a malattie gravi. Uno studio pubblicato nel 2024 su *The Lancet Planetary Health* ha evidenziato che l'inquinamento atmosferico contribuisce all'aumento del rischio di malattie cardiovascolari, ictus, patologie respiratorie croniche come la broncopneumopatia cronica ostruttiva (BPCO) e tumori polmonari. Inoltre, nuove ricerche hanno stabilito un legame tra inquinanti atmosferici e disturbi neurologici, come il morbo di Alzheimer e il Parkinson, oltre a un impatto negativo sulla salute mentale, aumentando il rischio di depressione e ansia. Le fasce più vulnerabili della popolazione – bambini, anziani, donne in gravidanza e persone con patologie pregresse – sono particolarmente esposte ai rischi legati all'inquinamento dell'aria. L'esposizione prolungata agli inquinanti può compromettere lo sviluppo polmonare nei bambini e aumentare la probabilità di nascite premature o con basso peso alla nascita. Inoltre, recenti studi hanno suggerito un possibile collegamento tra l'inquinamento atmosferico e il declino cognitivo precoce.

IMPATTO AMBIENTALE

Gli effetti dell'inquinamento atmosferico sull'ambiente sono altrettanto devastanti. Le emissioni industriali, il traffico veicolare e l'uso di combustibili fossili rilasciano nell'atmosfera sostanze tossiche che si depositano nel suolo e nelle acque, alterando gli ecosistemi e minacciando la biodiversità. Uno dei fenomeni più gravi è la deposizione di azoto, che contribuisce all'eutrofizzazione di laghi, fiumi e mari. Questo processo favorisce la proliferazione di alghe tossiche, riducendo l'ossigeno disponibile nell'acqua e provocando la morte di numerose specie acquatiche. Nel 2023, un rapporto dell'Agenzia Europea dell'Ambiente (EEA) ha evidenziato che oltre il 75% degli ecosistemi europei è esposto a livelli critici di deposizione di azoto, con gravi conseguenze sulla qualità dell'acqua e sulla sopravvivenza delle specie ittiche. Le emissioni di gas serra, come anidride carbonica (CO₂) e metano (CH₄), stanno accelerando il riscaldamento globale, causando eventi meteorologici estremi sempre più frequenti. L'ultimo report dell'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) del 2023 ha confermato che l'innalzamento delle temperature globali sta portando a fenomeni di desertificazione, incendi boschivi più intensi e scioglimento accelerato delle calotte polari. Un altro impatto significativo è rappresentato dalle piogge acide, generate dalla combinazione di ossidi di zolfo (SO₂) e ossidi di azoto (NO₂) con il vapore acqueo atmosferico. Queste precipitazioni danneggiano foreste, colture agricole e edifici, accelerando il degrado dei materiali e riducendo la produttività agricola.

IMPATTO ECONOMICO

Le conseguenze economiche dell'inquinamento atmosferico sono ingenti e comprendono costi diretti e indiretti per i sistemi sanitari, la produttività lavorativa e la perdita di biodiversità. Secondo un recente studio della Banca Mondiale, l'inquinamento atmosferico costa all'economia globale circa 8 trilioni di dollari all'anno, pari al 6% del PIL mondiale. Uno dei settori più colpiti è quello sanitario. L'aumento delle malattie legate all'inquinamento comporta un incremento delle spese per cure mediche, ricoveri ospedalieri e acquisto di farmaci. Nel 2023, l'OMS ha stimato che il costo sanitario annuo derivante dall'inquinamento dell'aria supera i 1.2 miliardi di dollari nei soli paesi dell'Unione Europea, con una spesa pro capite che varia tra 200 e 1.500 euro all'anno. La riduzione della produttività lavorativa è un'altra conseguenza diretta dell'inquinamento: l'esposizione agli inquinanti atmosferici aumenta i giorni di assenza dal lavoro per malattia e riduce le capacità cognitive e fisiche dei lavoratori. Un'indagine condotta dall'Organizzazione Internazionale del Lavoro (ILO) nel 2023 ha rivelato che il calo della produttività causato dall'inquinamento potrebbe ridurre il PIL globale fino all'1% entro il 2030. Il settore agricolo è anch'esso fortemente penalizzato. L'ozono troposferico danneggia le colture riducendo la resa e la qualità dei prodotti agricoli.



CAPITOLO 2

DATI E NORMATIVE
SULL'INQUINAMENTO
ATMOSFERICO

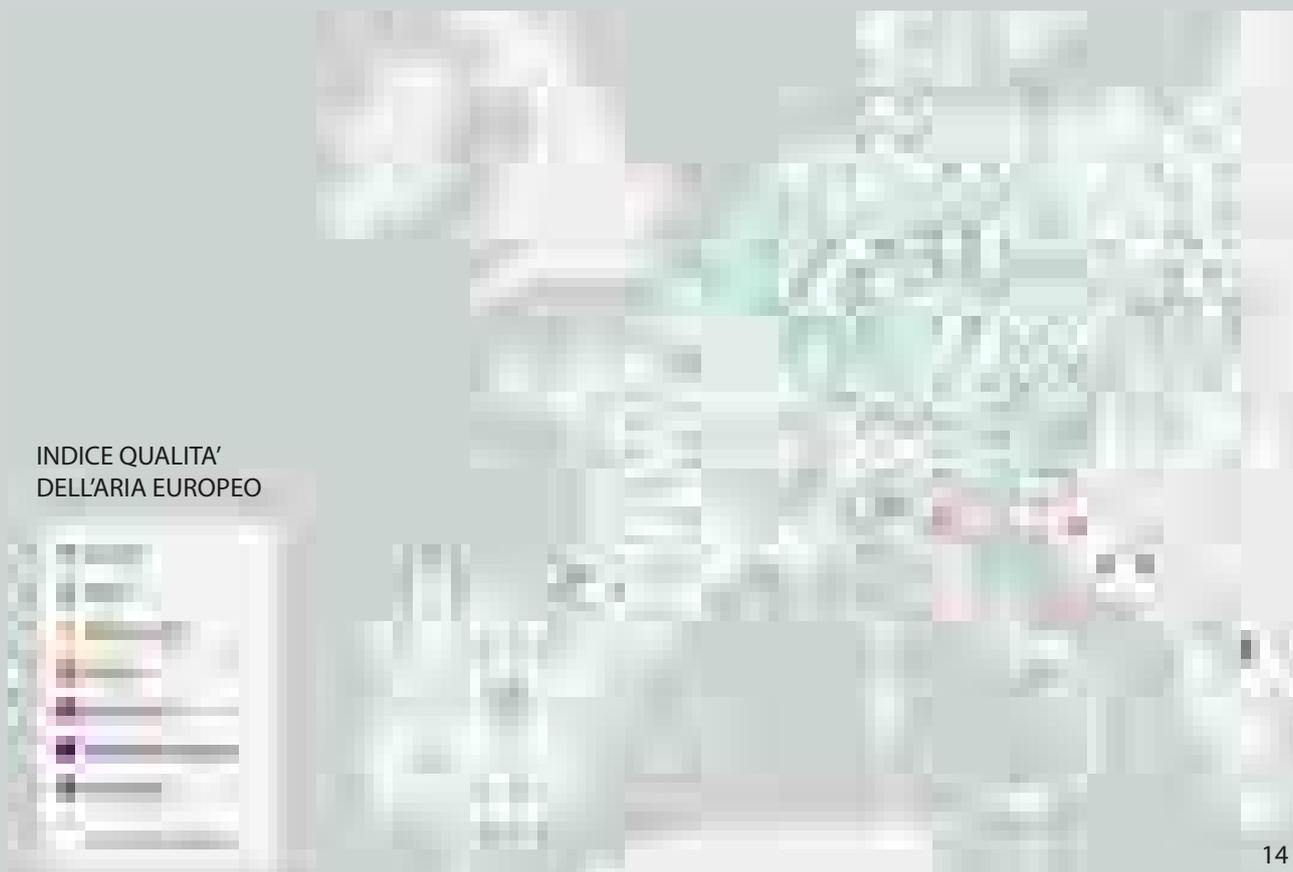
2.1 PANORAMICA SULLA QUALITA' DELL'ARIA IN EUROPA

Negli ultimi anni, la qualità dell'aria in Europa ha registrato un lieve miglioramento: la nota informativa dell'Agenzia Europea dell'Ambiente (AEA) "Europe's Air Quality Status 2024" fornisce un quadro dettagliato sui livelli di inquinamento del 2022 e del 2023, confrontandoli con gli standard dell'Unione Europea (UE) e i livelli di riferimento dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS). I dati del 2022 sono definitivi, mentre quelli del 2023 sono ancora provvisori. Nonostante i progressi, gli standard UE sulla qualità dell'aria non sono ancora rispettati in tutto il continente. Nel 2022, solo il 2% delle stazioni di monitoraggio ha registrato concentrazioni di particolato fine (PM_{2,5}) superiori al valore limite annuale dell'UE, ma il 96% della popolazione urbana continua ad essere esposta a livelli superiori a quelli raccomandati dall'OMS. L'inquinamento atmosferico varia tra le regioni, con livelli più elevati nell'Europa centrale e orientale. L'Islanda è stato l'unico paese nel 2022 a rispettare pienamente i limiti di riferimento dell'OMS, mentre Croazia, Italia e Polonia hanno registrato superamenti dei limiti UE.

Oltre agli effetti sulla salute umana, l'inquinamento ha un impatto sugli ecosistemi: quasi 3/4 degli ecosistemi europei sono esposti a livelli dannosi di inquinanti, con il 73% delle aree verdi europee che superano i limiti critici per l'eutrofizzazione a causa dei depositi di azoto. L'ozono ha inoltre danneggiato le colture agricole e le foreste, con un impatto economico stimato di almeno 2 miliardi di euro.

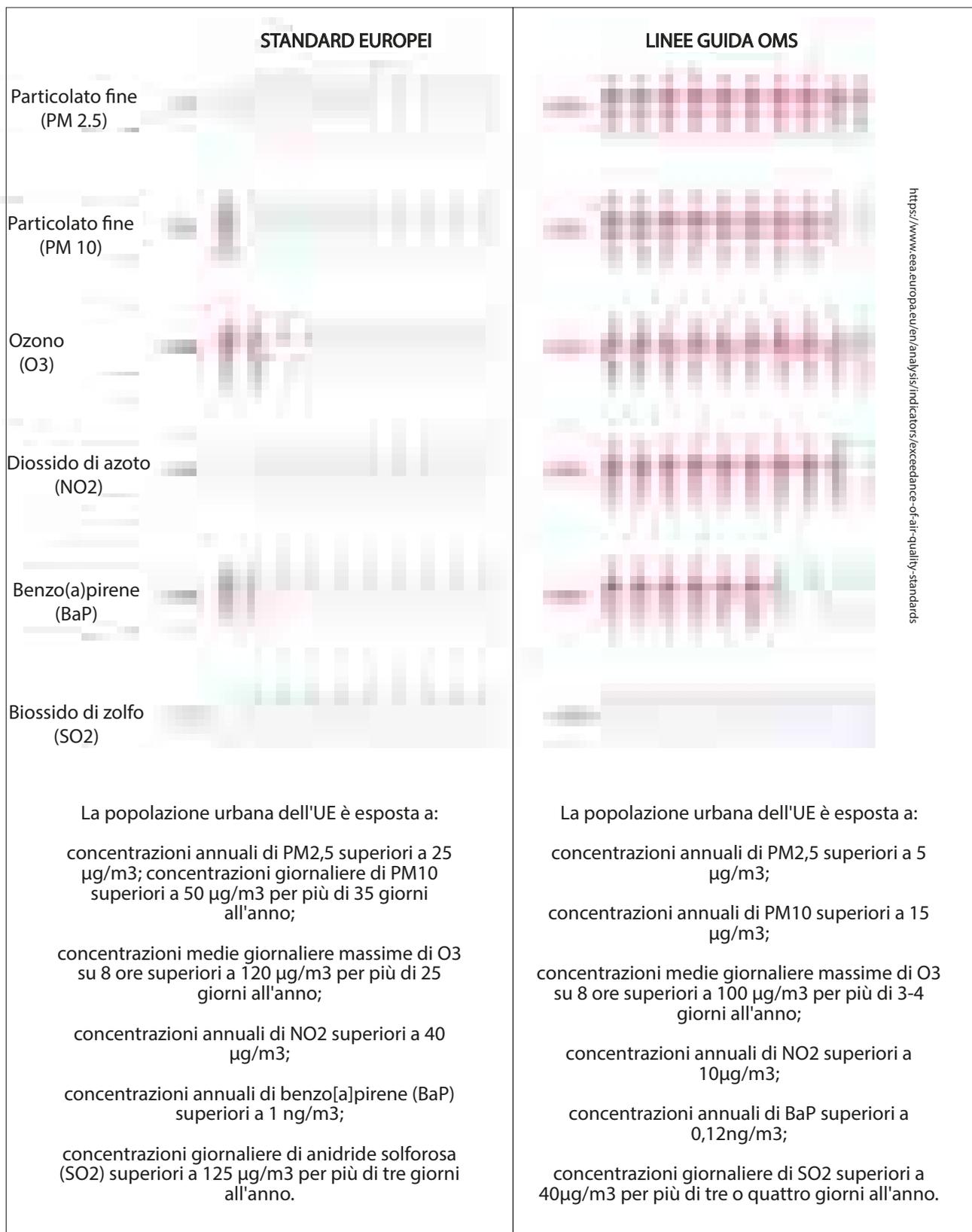
Nel 2022, 16 Stati membri hanno rispettato i rispettivi impegni nazionali di riduzione delle emissioni ai sensi della direttiva sugli impegni nazionali di riduzione delle emissioni (NECD) dell'UE per ciascuno dei 5 principali inquinanti (ossidi di azoto, composti organici volatili, ammoniaca, anidride solforosa e particolato fine), secondo la valutazione dell'EEA, 11 Stati membri non sono riusciti a farlo per almeno 1 dei 5 inquinanti atmosferici. L'UE ha recentemente aggiornato la direttiva sulla qualità dell'aria per allineare gli standard ai livelli di riferimento dell'OMS. La nuova normativa, approvata dal Parlamento Europeo nell'ottobre 2024, entrerà in vigore il 1° gennaio 2030, con un periodo di 2 anni per il recepimento da parte degli Stati membri. Questa direttiva introduce: limiti giornalieri più stringenti e monitoraggio obbligatorio di nuovi inquinanti come particolato ultrafine, particolato carbonioso e ammoniaca.

Inoltre il piano d'azione per l'inquinamento zero del Green Deal europeo mira a ridurre del 55% i decessi prematuri legati al PM_{2,5} entro il 2030, rispetto ai livelli del 2005 (45%). Tuttavia, per allinearsi pienamente alle raccomandazioni dell'OMS entro il 2050, saranno necessari ulteriori interventi a livello europeo.



ESPOSIZIONE INQUINANTI DELLA POPOLAZIONE URBANA DELL'UE STANDARD UE VS LINEE GUIDA OMS-anno 2022

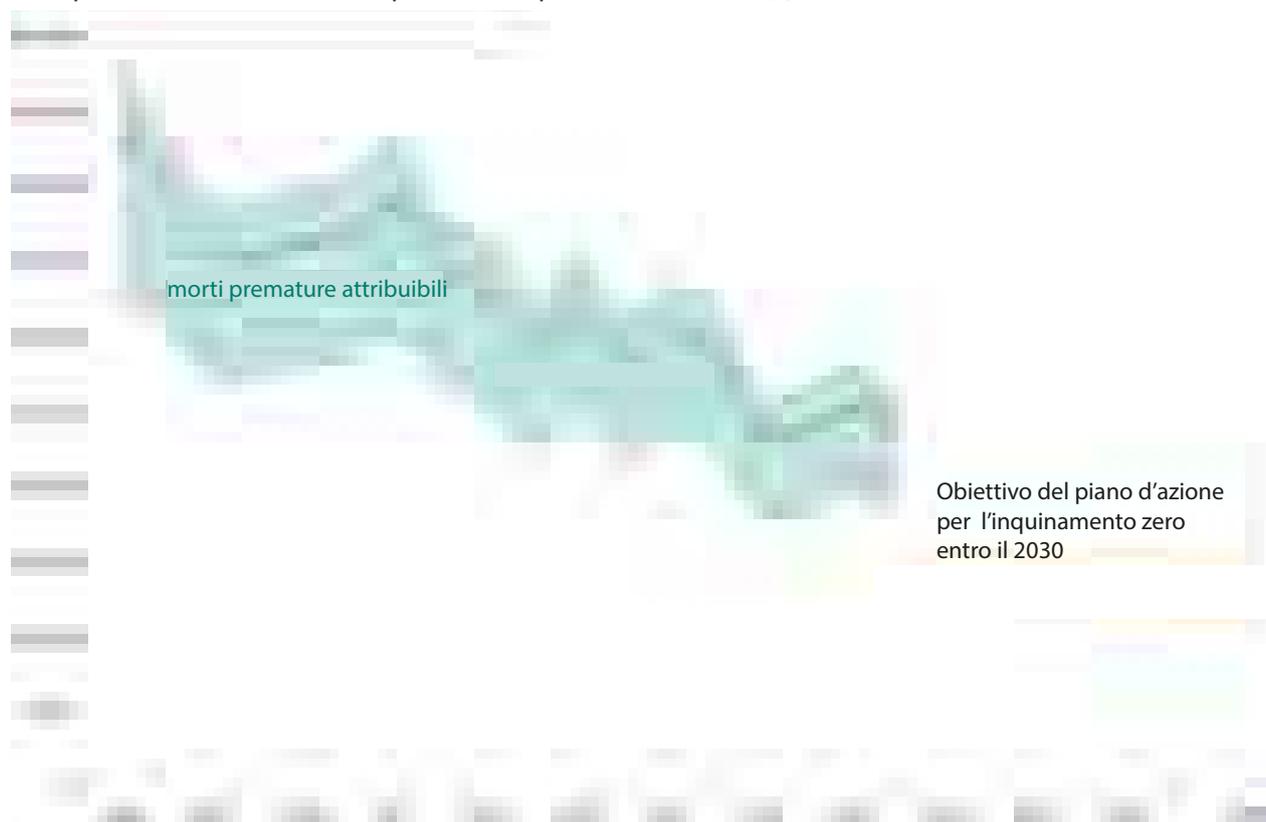
Questa analisi (la più recente) mette in evidenza gli inquinanti ritenuti più dannosi per la salute umana e quelli che più frequentemente superano gli attuali standard. Le concentrazioni sono ottenute dalle misurazioni delle stazioni di monitoraggio e sono ufficialmente segnalate all'EEA dai suoi membri e da altri paesi collaboratori.



2.2 MORTI PREMATURE DOVUTE ALL'ESPOSIZIONE AL PARTICOLATO IN EUROPA

L'inquinamento atmosferico è una delle principali cause di mortalità e oltre il 70% della popolazione dell'UE vive in aree urbane e nel 2022 il 96% della popolazione urbana è stata esposta a concentrazioni di PM_{2,5} al di sopra del livello guida dell'OMS. Se il trend degli ultimi 17 anni dovesse continuare, il calo della mortalità prematura attribuibile al PM_{2,5} raggiungerebbe il 63% entro il 2030 (rispetto ai livelli del 2005) e l'obiettivo di riduzione dell'inquinamento zero del 55% verrebbe superato. La mortalità pro capite è diminuita in tutti gli Stati membri dell'UE, di oltre la metà in 21 paesi e la diminuzione può essere osservata anche nei paesi non membri dell'UE. Per confrontare l'impatto dell'inquinamento atmosferico sulla salute umana nelle diverse regioni d'Europa, questa mappa mostra il numero di decessi prematuri attribuibili al PM_{2,5} (ogni 100.000 abitanti di età superiore ai 30 anni). Il numero relativo più elevato di decessi attribuibili nel 2022 all'interno dell'UE si è registrato nelle regioni di Sofia e Vidin (Bulgaria) e Miasto Kraków (Polonia). Al contrario, diverse regioni finlandesi e svedesi e una regione austriaca hanno registrato decessi attribuibili molto bassi (vale a dire meno di uno ogni 100.000 abitanti di età superiore ai 30 anni). Il numero più elevato di decessi attribuibili relativi per i paesi europei al di fuori dell'UE nel 2022 si è registrato nelle regioni di Skopski, Vardarski e Pelagoniski (Macedonia del Nord) e nella regione di Nišavska (Serbia). I numeri più bassi sono stati registrati in tutte le regioni islandesi e in 4 regioni norvegesi, con meno di un decesso attribuibile ogni 100.000 abitanti di età superiore ai 30 anni.

Morti premature attribuibili all'esposizione al particolato fine (PM_{2,5}),



**MORTI PREMATURE
NELL'UE NEL 2022**

dell'esposizione cronica
al particolato fine

239.000

dell'esposizione cronica
al biossido di azoto

48.000

dell'esposizione cronica
all'ozono

70.000

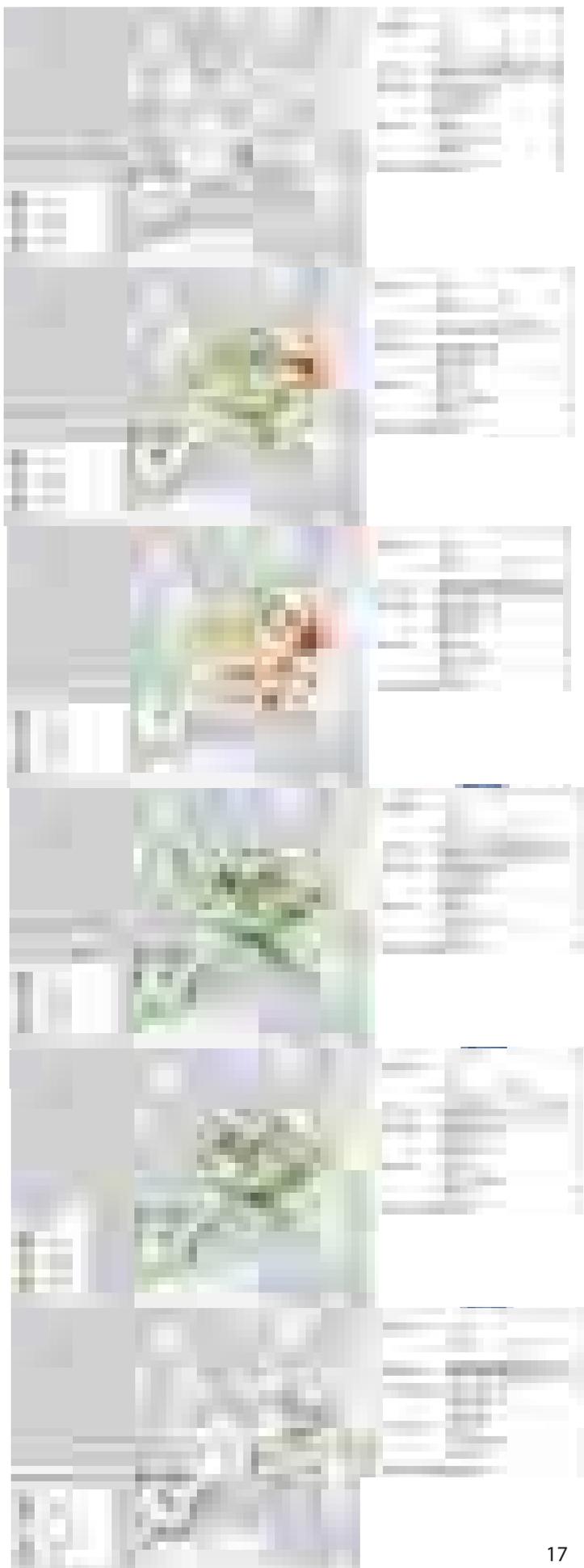
FONTE: AEA, 2024, danni alla salute umana causati dall'inquinamento atmosferico in Europa: onere dello stato di malattia, 2024
<https://www.eea.europa.eu/publications/europes-air-quality-status-2024>

2.5 MAPPATURA QUALITA' DELL'ARIA IN EUROPA (AEA) (giornaliero: 29 dicembre 2024)

1. La direttiva sugli impegni di riduzione delle emissioni nazionali (NECD), impone obiettivi vincolanti di riduzione per 5 inquinanti atmosferici: ossidi di azoto (NO₂), composti organici volatili non metanici (COVNM), anidride solforosa (SO₂), ammoniacca (NH₃) e particolato fine (PM_{2,5}).

2. Ogni anno, l'Agenzia Europea per l'Ambiente (AEA) monitora i progressi degli Stati membri dell'UE rispetto agli obiettivi fissati dalla NECD, pubblicando dati aggiornati e briefing dettagliati. Tra il 2005 e il 2022, le emissioni di 4 di questi inquinanti sono diminuite notevolmente negli Stati membri dell'UE: le emissioni di SOX dell'81%, gli NOX del 50%, i COVNM del 33% e il PM 2,5 del 32%. Tuttavia, 11 Stati membri non sono riusciti a rispettare almeno uno degli obiettivi, sottolineando la necessità di ulteriori interventi e investimenti mirati. Tra gli inquinanti monitorati, la riduzione delle emissioni di ammoniacca rappresenta il maggiore ostacolo per molti Paesi. Nel 2022, 9 Stati membri hanno registrato livelli di emissione superiori ai limiti fissati per il periodo 2020-2029 (il settore agricolo è responsabile del 93% delle emissioni totali di ammoniacca, a causa dell'uso di fertilizzanti azotati e della gestione degli effluenti zootecnici). Inoltre, sebbene le emissioni di ossidi di azoto e anidride solforosa siano calate drasticamente grazie all'adozione di tecnologie più pulite nei settori dei trasporti e dell'energia, il problema delle emissioni di ammoniacca e PM_{2,5} rimane particolarmente pressante. Il miglioramento della qualità dell'aria richiede un approccio integrato e collaborativo a livello europeo, nazionale e locale, con una stretta sinergia tra politiche ambientali, agricole, industriali e di trasporto. Solo attraverso una transizione strutturale e il coinvolgimento attivo di tutti i settori sarà possibile garantire aria più pulita per le generazioni presenti e future.

I dati e le informazioni sulla qualità dell'aria in Europa, raccolti dall'AEA, <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/maps-and-charts/up-to-date-air-quality-data>



2.3 EMISSIONI DEI PRINCIPALI INQUINANTI ATMOSFERICI IN EUROPA

Percentuali di riduzione delle emissioni dei principali inquinanti atmosferici nel 2022 rispetto ai livelli del 2005



Tra il 2005 e il 2022, tutti gli Stati membri hanno ridotto le emissioni di NMVOC, NO_x, SO_x e PM_{2,5}

Le emissioni di NH₃ sono aumentate in Austria, Bulgaria, Irlanda e Lituania (solo 9 Stati hanno rispettato gli impegni di riduzione)

Quasi tutti gli Stati membri, ad eccezione di Belgio e Finlandia, devono ridurre le emissioni di almeno un inquinante per raggiungere gli impegni del 2030.

Riduzione delle emissioni dei principali inquinanti atmosferici per Stato membro dal 2005 al 2022

	NH ₃	NMVOCs	NO _x	PM _{2,5}	SO _x
Austria	● 3%	● -35%	● -54%	● -43%	● -58%
Belgium	● -19%	● -38%	● -60%	● -50%	● -82%
Bulgaria	● 6%	● -25%	● -46%	● -30%	● -94%
Croatia	● -32%	● -46%	● -45%	● -40%	● -91%
Cyprus	● -14%	● -48%	● -45%	● -54%	● -70%
Czechia	● -6%	● -25%	● -49%	● -25%	● -69%
Denmark	● -26%	● -26%	● -58%	● -48%	● -69%
Estonia	● -4%	● -21%	● -45%	● -40%	● -81%
Finland	● -25%	● -49%	● -52%	● -48%	● -67%
France	● -17%	● -41%	● -57%	● -50%	● -81%
Germany	● -18%	● -30%	● -41%	● -37%	● -46%
Greece	● -20%	● -59%	● -52%	● -46%	● -93%
Hungary	● -5%	● -36%	● -44%	● -12%	● -67%
Ireland	● 3%	● -10%	● -46%	● -43%	● -87%
Italy	● -27%	● -38%	● -52%	● -21%	● -79%
Latvia	● -1%	● -36%	● -30%	● -37%	● -57%
Lithuania	● 4%	● -23%	● -22%	● -33%	● -59%
Luxembourg	● -7%	● -32%	● -80%	● -59%	● -83%
Malta	● -15%	● -33%	● -51%	● -50%	● -99%
Netherlands	● -22%	● -10%	● -55%	● -50%	● -71%
Poland	● -17%	● -23%	● -37%	● -19%	● -71%
Portugal	● -3%	● -23%	● -52%	● -22%	● -78%
Romania	● -23%	● -33%	● -39%	● -11%	● -92%
Slovakia	● -20%	● -39%	● -49%	● -51%	● -85%
Slovenia	● -14%	● -40%	● -54%	● -41%	● -91%
Spain	● -11%	● -26%	● -55%	● -23%	● -91%
Sweden	● -11%	● -35%	● -42%	● -51%	● -57%

● diminuzione delle emissioni rispetto al 2005

● aumenti delle emissioni rispetto al 2005

2.7 PANORAMICA SULLA QUALITÀ DELL'ARIA IN ITALIA

Il monitoraggio della qualità dell'aria in Italia si basa su:

1. Stazioni di rilevamento: gestite da ARPA (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale) e ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), posizionate in diverse località urbane e rurali.
2. Satelliti come quelli del programma Copernicus dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA), che forniscono dati su scala globale e regionale.

Per consultare i dati sulla qualità dell'aria, sono disponibili diverse piattaforme online:

Portale SNPA (Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente)
Air Quality Index (AQI) dell'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA)
Applicazioni mobili e siti web regionali (es. ARPA Lombardia, ARPA Lazio, ecc.)
Google Earth e Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS)

Secondo i dati di ISPRA e dell'EEA, le città più inquinate in Italia includono:

Pianura Padana (Torino, Milano, Brescia, Verona, Bologna) per l'alta concentrazione di PM10 e NO2.

Roma e Napoli per il traffico intenso e le emissioni industriali.

Taranto a causa dell'industria siderurgica.

L'Italia, in particolare la Pianura Padana, presenta livelli di inquinamento più elevati rispetto ad altri paesi europei come Germania e Francia, a causa della conformazione geografica e dell'elevata densità industriale.



2.10 MAPPATURA QUALITA' DELL'ARIA IN ITALIA (AEA) (giornaliero: 29 dicembre 2024)

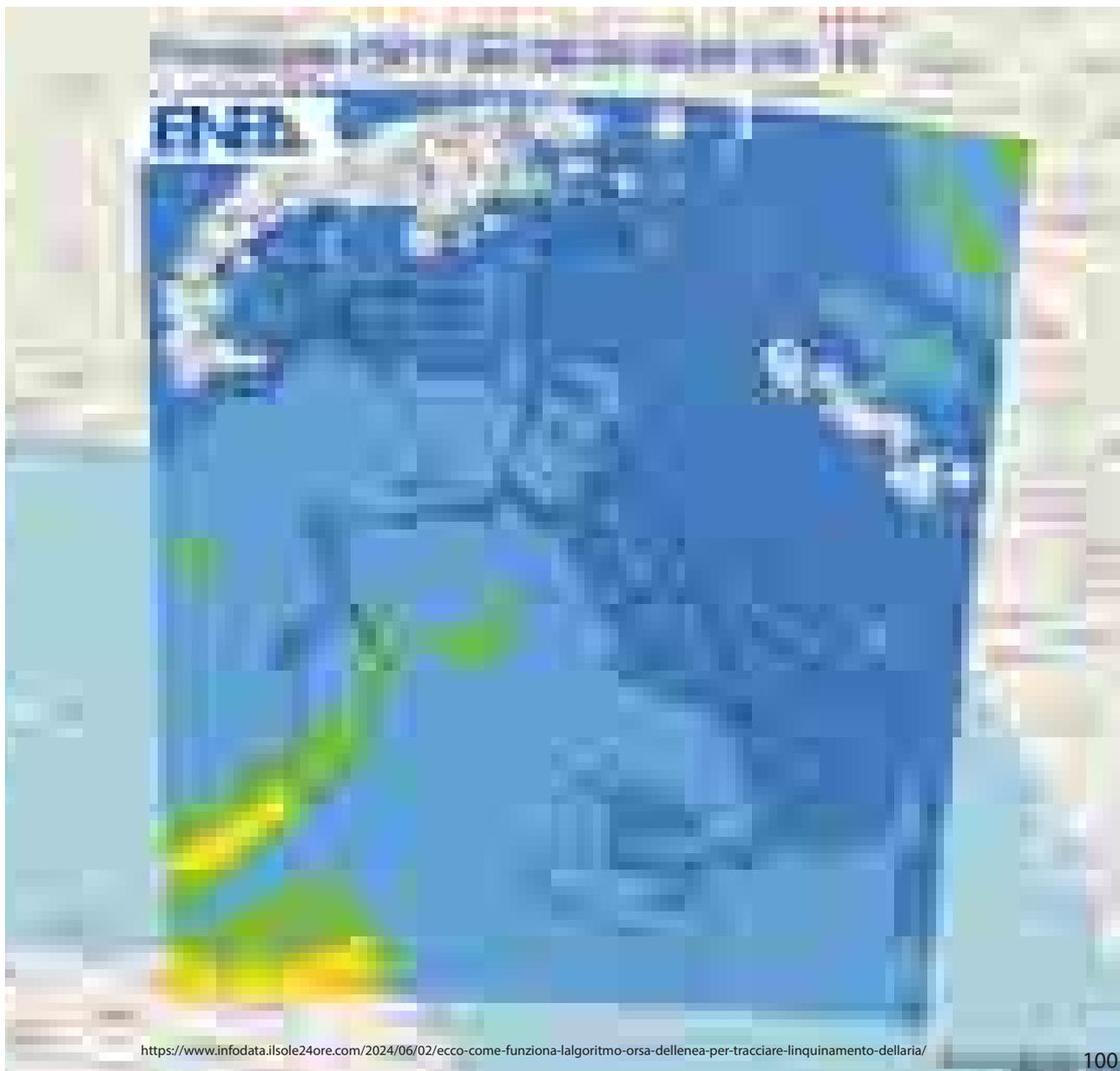


I dati e le informazioni sulla qualità dell'aria in Europa, raccolti dall'AEA,

<https://www.eea.europa.eu/en/analysis/map->

2.12 TECNOLOGIE EMERGENTI PER MONITORAGGIO QUALITÀ ARIA ALGORITMO ORSA DELL'ENEA

Il monitoraggio della qualità dell'aria è un tema di crescente importanza per la salute pubblica e la protezione ambientale. Le tecnologie emergenti stanno rivoluzionando questo settore, migliorando la precisione, l'accessibilità e la tempestività dei dati raccolti. L'ENEA (Agenzia Nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile) ha sviluppato l'algoritmo ORSA (Optimal Resource and Sensor Allocation), una soluzione avanzata per l'ottimizzazione della rete di monitoraggio ambientale. ORSA sfrutta modelli predittivi e tecniche di machine learning. Una delle sue principali caratteristiche è la capacità di identificare la provenienza geografica e settoriale delle emissioni inquinanti, tracciandone l'origine anche durante le trasformazioni chimico-fisiche in atmosfera. ORSA è già operativo nel sistema di monitoraggio della qualità dell'aria MINNI, che fornisce previsioni giornaliere delle principali concentrazioni di gas e particolati negli strati più bassi dell'atmosfera (a tre giorni per l'Italia e a quattro per l'Europa). Una prima applicazione sperimentale su scala nazionale ha confermato che, nei mesi invernali in Italia, le maggiori concentrazioni di PM10 sono attribuibili al riscaldamento residenziale, specialmente nei centri abitati. In alcune località rurali della Lombardia, le concentrazioni estive di ozono sono prevalentemente originate in altre regioni oppure derivano da alti strati dell'atmosfera, confermando che questo inquinante, particolarmente dannoso per la salute e l'ambiente, è il risultato del trasporto su lunghe distanze e della trasformazione chimica di altri inquinanti. Grazie a ORSA, il monitoraggio della qualità dell'aria può avvalersi di un approccio più dettagliato e dinamico, consentendo di sviluppare strategie di mitigazione più efficaci per ridurre l'impatto dell'inquinamento atmosferico sulla salute e sull'ambiente.



NORME SULL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO

La qualità dell'aria indoor è regolamentata da diverse normative e standard a livello internazionale e nazionale per garantire ambienti salubri in spazi chiusi, come uffici, scuole e abitazioni. Queste regolamentazioni mirano a ridurre l'esposizione a inquinanti nocivi e stabiliscono criteri per la progettazione di sistemi di ventilazione e monitoraggio dell'aria.

ORGANIZZAZIONE MONDIALE DELLA SANITA' (WHO)

La WHO ha stabilito linee guida per la qualità dell'aria indoor, fornendo valori di riferimento per sostanze nocive come PM2.5, PM10, biossido di azoto (NO₂), monossido di carbonio (CO), ozono (O₃) e composti organici volatili (VOC). Le linee guida WHO mirano a ridurre il rischio di malattie respiratorie e cardiovascolari legate all'inquinamento indoor e stabiliscono parametri per la ventilazione e il ricambio d'aria negli ambienti chiusi.

AGENZIA PER LA PROTEZIONE AMBIENTALE DEGLI STATI UNITI (EPA)

L'EPA stabilisce regolamenti per la qualità dell'aria indoor negli edifici pubblici e privati, con particolare attenzione a formaldeide, radon e muffe. L'agenzia fornisce raccomandazioni sui sistemi di ventilazione e tecnologie per il monitoraggio dell'aria e promuove programmi di sensibilizzazione per la riduzione dell'esposizione agli inquinanti domestici.

UNIONE EUROPEA (UE)

Direttiva 2019/904/UE: Regola la riduzione dell'inquinamento indoor da microplastiche e sostanze chimiche nocive.

Regolamento (UE) 2020/740: Introduce etichettature ambientali sui materiali da costruzione per ridurre l'impatto sulla qualità dell'aria indoor.

Norma EN 17255-1:2020: Standard europeo per il monitoraggio della qualità dell'aria indoor e l'uso di sensori intelligenti per la rilevazione di inquinanti.

Regolamento (UE) 2021/278: Introduce criteri più rigorosi sulla progettazione sostenibile dei materiali da costruzione per ridurre l'impatto sulla qualità dell'aria indoor.

Norma EN 16798-2: Specifica metodi e criteri per il controllo della qualità dell'aria in ambienti interni attraverso impianti di climatizzazione.

Direttiva 2008/50/CE: Stabilisce misure per il controllo e la valutazione della qualità dell'aria ambiente, fissando valori limite per vari inquinanti atmosferici.

Direttiva 2004/107/CE: Integra la precedente direttiva, fissando valori obiettivo per arsenico, cadmio, mercurio, nichel e idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente.

Direttiva (UE) 2016/2284: Conosciuta come Direttiva NEC (National Emission Ceilings), stabilisce limiti nazionali per le emissioni di determinati inquinanti atmosferici, tra cui biossido di zolfo (SO₂), ossidi di azoto (NO_x), composti organici volatili non metanici (COVNM), ammoniaca (NH₃) e particolato fine (PM2.5).

Direttiva 2010/75/UE: Riguarda le emissioni industriali e mira a prevenire e ridurre l'inquinamento derivante da attività industriali attraverso un quadro integrato per il controllo delle emissioni.

NORMATIVA ITALIANA

D.M. 10 ottobre 2019: Normativa sui criteri ambientali minimi (CAM) per la progettazione di edifici pubblici con attenzione alla qualità dell'aria indoor.

Piano Nazionale Radon (D.Lgs. 101/2020): Obbligo di monitoraggio e riduzione delle concentrazioni di radon in ambienti chiusi, con particolare attenzione a scuole e luoghi di lavoro.

Decreto Legislativo n. 155/2010: Recepisce la Direttiva 2008/50/CE, stabilendo criteri per la valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente in Italia.

Decreto Legislativo n. 81/2008: Conosciuto come Testo Unico sulla Salute e Sicurezza sul Lavoro, include disposizioni relative alla protezione dei lavoratori dagli agenti chimici presenti nell'aria, sia in ambienti indoor che outdoor.

Decreto Legislativo n. 152/2006: Conosciuto come Testo Unico Ambientale, nella Parte V disciplina le norme in materia di tutela dell'aria e di riduzione delle emissioni in atmosfera.

Si noti che, sebbene nel 2024 sia stata approvata una nuova direttiva europea sulla qualità dell'aria, essa entrerà in vigore il 1° gennaio 2030, sostituendo la Direttiva 2008/50/CE.

NORMATIVE PER MONITORAGGIO INDOOR

NUOVA DIRETTIVA EUROPEA SULLA QUALITÀ DELL'ARIA

Obiettivi: Standard più rigorosi entro il 2030 per raggiungere un'inquinamento zero entro il 2050.

Sostanze Coperte: PM10, PM2.5, NO2, SO2, O3, benzene, benzo(a)pirene, arsenico, cadmio, piombo, nichel.

Valori Ridotti: da 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM2.5), da 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (NO2)

Impatto Previsto: Riduzione del 75% delle morti premature legate al PM2.5 entro 10 anni.

Iter: Proposta dalla Commissione UE (ottobre 2022), approvata dal Parlamento Europeo (aprile 2024).

Nel presente aggiornamento delle linee guida OMS sulla qualità dell'aria vengono formulate raccomandazioni sui livelli guida e obiettivi intermedi per alcuni inquinanti (vedere Tabella). Questo approccio mira a fornire un quadro di riferimento basato sulle più recenti evidenze scientifiche, al fine di supportare politiche e interventi volti a ridurre l'esposizione della popolazione a tali sostanze.

Per ogni inquinante è stata definita una soglia solo quando le prove disponibili sono state valutate come aventi una certezza alta o moderata circa l'associazione tra l'inquinante stesso e specifici esiti negativi per la salute.



Differenza tra AQGs e limiti normativi vigenti.

Esempio: Valori annuali di PM2.5:

AQGs: 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Direttiva UE: 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

SITUAZIONE ITALIANA

PM10: superato nel 65% delle stazioni per il valore annuale (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ OMS 2005). Superato nel 54% per il valore giornaliero (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

PM2.5: Valore OMS 2005 (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) superato nell'80% delle stazioni.

NO2: Limite annuale (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) superato in molte zone di traffico e aree urbane.

INQUINANTI NON NORMATI

Categorie: Black Carbon (BC), Elemental Carbon (EC), particelle ultrafini (UFP), polveri desertiche (SDS).

Problematiche: Mancano dati sufficienti per formulare raccomandazioni.

Ricerche Future: Identificazione di valori di riferimento per nuovi standard.



INQUINAMENTO OUTDOOR/ INDOOR

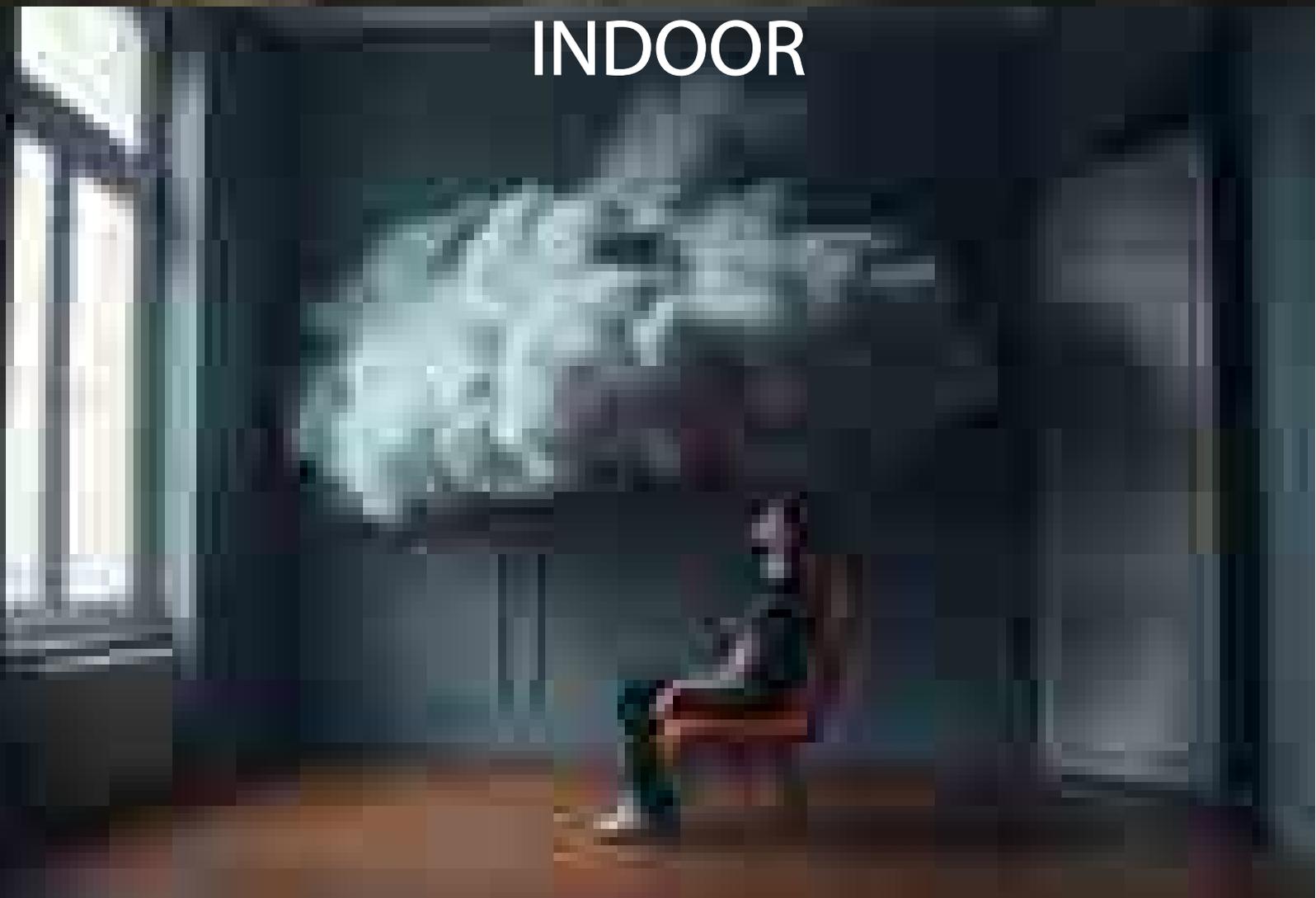
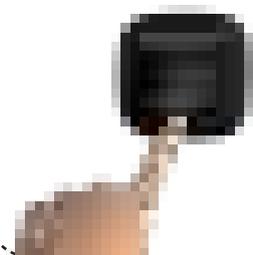


TABELLA COMPARATIVA INQUINANTI INDOOR/OUTDOOR

INQUINANTE	TIPOLOGIA	DESCRIZIONE	INDOOR OUTDOOR	RILEVAMENTO
Particolato fine (PM 2.5)	Particolato solido/fine	Particelle solide e liquide sospese nell'aria, diametro inferiore a 2.5 µm. Derivano da combustione, polveri..	Entrambi	Sensori ottici (laser scattering)
Particolato grossolano (PM 10)	Particolato solido	Particelle sospese di diametro inferiore a 10 µm, provenienti da polveri, traffico e attività industriali.	Entrambi	Sensori ottici (laser scattering)
Biossido di zolfo (SO₂)	Gas tossico/inquinante chimico	Gas irritante prodotto da combustione di materiali contenenti zolfo.	Outdoor	Sensori elettrochimici, UV fluorescenza
Monossido di carbonio (CO)	Gas tossico	Gas incolore e inodore, tossico, prodotto da combustione incompleta	Entrambi	Sensori elettrochimici, sensori MOS (Metal Oxide Semiconductor)
Anidride carbonica (CO₂)	Gas serra	Gas prodotto da respirazione, combustione; non tossico ma indicatore di ventilazione.	Entrambi	Sensori NDIR (Infrarossi), sensori MOS
Composti Organici Volatili (VOC)	Inquinanti chimici organici	Molecole organiche volatili, potenzialmente nocive, derivanti da solventi, vernici, materiali	Entrambi	Sensori MOS, PID (Photoionization Detector)
Ozono (O₃)	Gas ossidante/inquinante chimico	Gas reattivo, prodotto da reazioni tra NOx e VOC sotto l'azione della luce solare	Outdoor	Sensori elettrochimici, UV
Ossidi di Zolfo (in particolare SO₂)	Gas tossico/inquinante chimico	Gruppo di gas contenenti zolfo, prodotti da combustione di combustibili fossili	Outdoor	Sensori elettrochimici, UV fluorescenza
Ossidi di Azoto (NO, NO₂)	Gas tossico/inquinante chimico	Gas irritanti, derivanti da processi di combustione (traffico, industrie)	Outdoor	Sensori elettrochimici, UV, MOS
Formaldeide	Inquinante chimico organico	Gas volatile cancerogeno, presente in colle, vernici, materiali da costruzione	Entrambi	Sensori elettrochimici, sensori MOS
Radon	Gas radioattivo naturale	Gas radioattivo proveniente dal suolo e da materiali edilizi, cancerogeno	Indoor	Sensori a camera a ionizzazione, scintillatori
Ammoniaca (NH₃)	Gas tossico/inquinante chimico	Gas pungente, presente in agricoltura e industria, irritante	Indoor	Sensori elettrochimici, MOS
Idrogeno Solforato (H₂S)	Gas tossico	Gas dall'odore di uova marce, tossico, presente in industrie e scarichi fognari	Entrambi	Sensori elettrochimici, MOS
Metalli pesanti (As, Cd, Ni)	Metalli pesanti	Metalli tossici presenti in tracce, derivanti da processi industriali e combustione	Entrambi	Analisi spettrometriche (ICP-MS, XRF)
Benzene	Inquinante chimico organico	Composto organico volatile, cancerogeno, presente nei carburanti e materiali da costruzione	Entrambi	Sensori PID, sensori MOS
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	Inquinante chimico organico	Composti organici complessi, prodotti da combustione incompleta, cancerogeni	Entrambi	Campionamento e analisi in laboratorio (GC-MS)

Quello che non sapevi sull'inquinamento indoor...

Sappiamo da tempo che il gesto abituale di aprire le finestre non basta più: troppo inquinata l'aria esterna, lo stesso quella interna. L'irrinunciabile tema del risparmio energetico ha prodotto precauzioni che hanno condotto, oltre a un maggior isolamento degli edifici ed a una diminuzione dei tassi di ventilazione, anche all'utilizzo di nuovi materiali e di nuove apparecchiature, cioè a misure che aumentano le concentrazioni di agenti inquinanti che si formano nei locali. Numerosi studi scientifici hanno dimostrato la presenza di agenti inquinanti a bassa concentrazione di difficile misurazione che possono determinare effetti sulla salute non ancora completamente noti. Gli inquinanti indoor, che possono agire singolarmente o combinati con altri fattori, determinano una diminuzione del comfort ambientale e un rischio per la salute; sono agenti di tipo chimico (composti organici e inorganici), fisico (radiazioni ionizzanti e non ionizzanti) e biologico (microrganismi, muffe, acari). Considerato che gran parte della popolazione trascorre il proprio tempo in ambienti confinati, l'esposizione all'inquinamento indoor è dominante rispetto a quella outdoor. Nel caso in cui si venga colpiti da una malattia ben precisa e riferibile o rapportata alla presenza di un determinato inquinante all'interno dell'edificio, si parla di Malattia Correlata all'Edificio (Building Related Illness, BRI). Invece, quando gli occupanti di un edificio lamentano dei generici disturbi della salute, che svaniscono o si attenuano fortemente quando lo si lascia e che non sono riconducibili ad una determinata malattia, si parla di Sindrome dell'Edificio Malato (Sick Building Syndrome, SBS).



Se si considera che mediamente:

1. la popolazione trascorre al chiuso il 90% del suo tempo
2. l'aria interna contiene più di 900 sostanze chimiche potenzialmente dannose
3. ciascuno di noi inala ogni giorno dai 10 mila ai 20mila litri d'aria
4. facciamo circa 22.000 respiri al giorno



4.4 CLASSIFICAZIONE INQUINANTI (approfondimento)

Comprendere come minimizzare i rischi per la salute e promuovere il benessere

INQUINANTI FISICI

Gli inquinanti fisici sono quegli agenti che provocano un'alterazione dell'ambiente e dei suoi equilibri senza introdurre nuove sostanze chimiche o modificare la composizione molecolare dei materiali presenti. La loro azione è legata a caratteristiche fisiche come la temperatura, l'energia, il movimento o le proprietà meccaniche, e i loro effetti possono compromettere la qualità dell'ambiente naturale e la salute degli esseri viventi, anche senza alcuna reazione chimica coinvolta.

Non comportano trasformazioni chimiche delle sostanze.

La loro natura deriva da fenomeni fisici come il suono, la radiazione, la pressione o la temperatura.

Possono avere effetti meccanici o energetici diretti su organismi e habitat.

Non sempre lasciano residui visibili, ma possono avere effetti cronici o acuti.

Gli inquinanti fisici comprende:

Inquinamento acustico

Radiazioni (ionizzanti e non ionizzanti) e radiazioni elettromagnetiche

Particolato solido (polveri fini, microplastiche)

RADIAZIONI IONIZZANTI

Definizione: Le radiazioni sono forme di energia che si propagano sotto forma di onde o particelle. Si distinguono in:

- Ionizzanti: Radiazioni ad alta energia capaci di ionizzare la materia (es. raggi X, raggi gamma, radiazioni alfa e beta).
- Non Ionizzanti: Radiazioni a bassa energia, come campi elettromagnetici (es. microonde, radiofrequenze).

Sorgenti: Le sorgenti di elementi radioattivi possono essere naturali (e provenire dallo spazio) o artificiali (raggi-X delle applicazioni mediche). Anche in molti processi produttivi vengono impiegate sorgenti radioattive, per esempio per il controllo di qualità di alcuni metalli o per abbattere le cariche batteriche di cibi o altre materie prime.

Fonti Indoor ionizzanti: Apparecchiature mediche diagnostiche (raggi X, TAC), rilevatori di fumo contenenti piccole quantità di materiale radioattivo. **Non Ionizzanti:** Forni a microonde, router Wi-Fi, telefoni cellulari, computer, lampade a raggi UV (per sterilizzazione), impianti elettrici domestici

Fonti Outdoor ionizzanti: Centrali nucleari, depositi di materiali radioattivi, esposizione al radon naturale (gas radioattivo che fuoriesce dal terreno), raggi cosmici. **Non Ionizzanti:** Antenne di telefonia mobile, linee elettriche ad alta tensione, radar, ripetitori radio/TV, satelliti

Rischi: Ionizzanti: rischio di sviluppare tumori, leucemie, danni al DNA, mutazioni genetiche, malattie da radiazioni (soprattutto in esposizioni elevate e prolungate). Non Ionizzanti: Possibili effetti termici sul corpo (surriscaldamento tessuti), cefalee, insonnia, irritabilità, effetti biologici ancora oggetto di studio per possibile correlazione con alcuni tipi di tumori (es. esposizione prolungata a campi elettromagnetici)

INQUINAMENTO ACUSTICO

Definizione: L'inquinamento acustico è rappresentato da un eccesso di rumori indesiderati e fastidiosi che superano i normali livelli di tollerabilità sonora dell'ambiente. Viene misurato in decibel (dB) e può essere continuo (traffico) o intermittente (sirene, clacson). Un'esposizione prolungata può disturbare il benessere psicofisico. Il suono diventa rumore molesto quando interferisce con le normali attività come il sonno o la conversazione e disturba o compromette la qualità della vita. L'alta frequenza (HF) è la designazione per la gamma di frequenze radio comprese tra 100kHz e 300GHz. La bassa frequenza (LF) è la designazione per frequenze comprese nell'intervallo 30-300 kHz

Sorgenti: Le maggiori sorgenti di rumore sono il traffico cittadino e aereo, le ferrovie, le attività di costruzione edile, le industrie (motori, compressori,...) i rumori degli impianti degli edifici (condizionatori, pompe, generatori,...), i prodotti di consumo..

Rischi: I problemi legati al rumore includono malattie collegate allo stress, alta pressione sanguigna, perdita dell'udito, disturbi del linguaggio, disturbi del sonno e bassa produttività. Il disturbo più comune e più dibattuto è la perdita di udito causata dal rumore o NIHL (Noise Induced Hearing Loss).

PARTICOLATO

Il particolato è costituito da un insieme estremamente eterogeneo di particelle la cui origine può essere primaria (emesse come tali) o secondaria (derivata da una serie di reazioni fisiche e chimiche). Una caratterizzazione esauriente del particolato sospeso si basa oltre che sulla misura della concentrazione e l'identificazione delle specie chimiche coinvolte anche sulla valutazione della dimensione media delle particelle. Le particelle di dimensioni maggiori (diametro > 10 µm) hanno un tempo medio di vita nell'atmosfera che varia da pochi minuti ad alcune ore e la possibilità di essere trasportate in aria per una distanza massima di 1-10 Km. Le particelle di dimensioni inferiori hanno invece un tempo medio di vita da pochi giorni fino a diverse settimane e possono venire veicolate dalle correnti atmosferiche per distanze fino a centinaia di Km. Il particolato è classificato secondo 3 ordine di grandezza: particelle grossolane (da 2,5 µm a 10 µm di diametro), particelle fini (dal diametro ≤ 2,5 µm) e ultra fini (dal diametro ≤ 0,1 µm). PM10 , particelle con diametro inferiore a 10 micrometri, possono penetrare nel tratto respiratorio superiore. PM2.5 , particelle con diametro inferiore a 2,5 micrometri, rappresentano una minaccia maggiore poiché riescono a raggiungere le parti più profonde dei polmoni e, in alcuni casi, entrare nel flusso sanguigno. La polvere e il polline possono essere osservati a occhio nudo, mentre le particelle derivanti dalla combustione hanno dimensioni inferiori a 2,5 micrometri (µm), ovvero la dimensione di un batterio. 1 micrometro (µm) equivale a un milionesimo di metro. Un capello umano, in media, misura circa 100 µm e supera di quasi 30 volte la dimensione della particella PM2,5 più grande.

Sorgenti: La maggiore parte di queste particelle si formano nell'atmosfera, come risultato di reazioni chimiche fra gli inquinanti. I livelli di particolato indoor sono dipendenti da diversi fattori come l'inquinamento esterno, i sistemi di ventilazione e filtri dell'aria, ma anche le attività svolte all'interno degli edifici, come le attività di combustione (inclusa la combustione di candele, l'uso di caminetti, il fumo di sigaretta). Può essere anche di origine biologica, generato da reazioni chimiche tra elementi presenti nell'aria e materiali presenti negli edifici.

Rischi: Ai fini degli effetti sulla salute è molto importante la determinazione delle dimensioni e della composizione chimica delle particelle. Le dimensioni determinano il grado di penetrazione all'interno del tratto respiratorio mentre le caratteristiche chimiche determinano la capacità di reagire con altre sostanze inquinanti (IPA, metalli pesanti, SO2). Le particelle che si depositano nel tratto superiore o extratoracico (cavità nasali, faringe e laringe) possono causare effetti irritativi locali quali secchezza e infiammazione; quelle che si depositano nel tratto tracheo-bronchiale (trachea, bronchi e bronchioli) possono causare costrizione e riduzione della capacità epurativa dell'apparato respiratorio, aggravamento delle malattie respiratorie croniche (asma, bronchite ed enfisema) ed eventualmente neoplasie. Le particelle con un diametro inferiore ai 5-6 µm possono depositarsi nei bronchioli e negli alveoli e causare infiammazione, fibrosi e neoplasie

limiti normativi d.lgs.155/2010:

PM10 - Limite di 24 ore per la protezione della salute umana (media 24 ore): 50 µg/m³ da non superare più di 35 volte per anno civile

PM10 - Limite annuale per la protezione della salute umana (media annuale): 40 µg/m³

PM2.5 - Valore limite per la protezione della salute umana (media annuale): 25 µg/m³

valori guida OMS:

PM10 - media annuale: 15 µg/m³

PM10 - media 24 ore: 45 µg/m³

PM2.5 - media annuale: 5 µg/m³

PM2.5 - media 24 ore: 15 µg/m³

ELETTROMAGNETISMO

Definizione: I campi elettromagnetici sono una combinazione di campi elettrici e campi magnetici di energia, che si creano attorno a ogni dispositivo elettrico connesso alla rete e acceso. Gli EMF sono detti anche "radiazioni non ionizzanti".

Sorgenti: I campi elettromagnetici (EMF) si riscontrano nei pressi di linee elettriche ad alta tensione e dispositivi elettronici. Nel primo caso si hanno emissioni a bassa frequenza, mentre nel caso dei dispositivi elettrici si hanno emissioni ad alta frequenza come per i micro-onde e le onde radio. Maggiore è la distanza tra l'individuo e la sorgente di EMF, minore è l'esposizione. Minore è il tempo che un individuo trascorre nelle vicinanze di campi elettromagnetici, minore è l'esposizione.

INQUINANTI CHIMICI

Gli inquinanti chimici sono sostanze di natura chimica che vengono introdotte nell'ambiente (aria, acqua, suolo) a causa di attività naturali o antropiche (industriali, agricole, urbane) e che hanno la capacità di reagire con altre sostanze, provocando alterazioni nocive ai cicli biologici, chimici ed ecologici. Questi inquinanti, a differenza di quelli fisici, interagiscono chimicamente con l'ambiente: possono formare composti secondari, bioaccumularsi negli organismi viventi, interferire con i processi metabolici e modificare la composizione di aria, acqua o suolo.

Sono sostanze chimiche con proprietà tossiche, corrosive, reattive o persistenti.

Possono entrare nelle catene alimentari (bioaccumulo, biomagnificazione).

Derivano da processi di combustione, attività industriali, agricoltura intensiva o smaltimento scorretto di rifiuti.

Gli inquinanti chimici si distinguono ulteriormente in:

Sostanze organiche: come i VOC, che includono anche benzene, toluene e xilene.

Sostanze inorganiche: come gli ossidi di carbonio, gli ossidi di azoto (NOx) e l'ozono (O₃). Tra questi, l'ozono è considerato particolarmente dannoso per la salute umana.

Tra i principali troviamo: prodotti di combustione come il monossido di carbonio (CO) e l'anidride carbonica (CO₂), fumo derivante prevalentemente dal tabacco o da processi di combustione, particolato solido: composto da polveri fini e fibre, composti organici volatili (VOC): includono sostanze come la formaldeide, considerata uno dei VOC più pericolosi, radon e particelle radioattive: gas radioattivi che possono accumularsi negli edifici, amianto: un materiale fibroso spesso presente in edifici datati.

MONOSSIDO DI CARBONIO

Definizione: Il monossido di carbonio (CO) è un gas incolore, inodore e senza gusto, prodotto dalla combustione.

Sorgenti: Le zone di più probabile accumulo sono in prossimità delle sorgenti di traffico. Le condizioni più favorevoli al ristagno degli inquinanti si verificano nei periodi invernali. Le fonti antropiche sono costituite dagli scarichi delle automobili, soprattutto a benzina, dalla combustione di biomassa in carenza di ossigeno, dal trattamento e smaltimento dei rifiuti, dalle industrie e raffinerie di petrolio, dalle fonderie

Rischi: Il CO raggiunge facilmente gli alveoli polmonari e quindi il sangue dove compete con l'ossigeno per il legame con l'emoglobina. La carbossiemoglobina così formata è circa 250 volte più stabile dell'ossiemoglobina e quindi riduce notevolmente la capacità del sangue di portare ossigeno ai tessuti. Gli effetti sanitari sono riconducibili essenzialmente ai danni causati dall'ipossia a carico del sistema nervoso, cardiovascolare e muscolare. Comprendono i seguenti sintomi: diminuzione della capacità di concentrazione, turbe della memoria, alterazione del comportamento, confusione mentale, alterazione della pressione sanguigna, accelerazione del battito cardiaco, vasodilatazione e vasopermeabilità con conseguenti emorragie, effetti perinatali. I gruppi più sensibili sono gli individui con malattie cardiache e polmonari, gli anemici e le donne in stato di gravidanza

Limiti normativi d.lgs.155/2010:

Limite per la protezione della salute umana (massimo giornaliero della media mobile 8 ore): 10 mg/m³

Valori guida OMS:

Media 24 ore: 4 µg/m³

RADON

Definizione: Il Radon è un gas radioattivo presente in natura. Proviene dalla naturale scomposizione (radioattiva) dell'uranio nel sottosuolo, nelle rocce e nell'acqua, per poi concentrarsi nell'aria.

Sorgenti: Può penetrare in qualsiasi edificio (case, uffici, scuole) ubicato in prossimità di una sorgente di radon. Inoltre, ogni materiale da costruzione estratto dal sottosuolo può contenere una diversa concentrazione di elementi radioattivi di origine naturale, che possono emettere radiazioni o produrre gas radon.

Rischi: A livello globale, il radon è la seconda causa di insorgenza di cancro ai polmoni. Il gas radon si scinde in particelle radioattive che possono rimanere intrappolate nei polmoni. Nelle successive trasformazioni le stesse particelle rilasciano cariche elettriche che possono danneggiare i tessuti polmonari, nonché comportare l'insorgenza di cancro ai polmoni nel lungo periodo

METANO

Definizione: Il metano (CH₄) è un idrocarburo e un gas a effetto serra (GHG). È un gas incolore, inodore a basse concentrazioni, infiammabile, esplosivo se raggiunge alte concentrazioni nell'aria.

Sorgenti: Le sorgenti di metano sono sia naturali che antropogeniche. Fra le attività umane, le sorgenti di metano includono discariche, sistemi di petrolio e gas naturale, attività agricole, miniere, processi di combustione industriale, il trattamento di acque reflue e di altri processi industriali. Un'altra fonte di metano comprende la coltivazione del riso.

Rischi: Il metano, in forma gassosa, è asfissiante e negli spazi confinati, ad alte concentrazioni, può compromettere la disponibilità di ossigeno per la respirazione, in particolar modo negli spazi confinati. La riduzione della presenza di ossigeno può causare soffocamento e perdite di coscienza. Può generare ulteriori sintomi come mal di testa, vertigini, senso di debolezza, nausea, vomito e perdita della coordinazione. Il Metano è estremamente infiammabile e può esplodere qualora la sua concentrazione si aggiri tra il 5% (limite minimo) e il 15% (limite massimo). L'asfissia si presenta a concentrazioni molto più basse rispetto a quelle appena considerate.

ONOZO

Definizione: L'ozono è un gas costituito da 3 atomi di ossigeno (O₃). Sorgenti: L'ozono è presente naturalmente nella stratosfera (dai 15 a 60 Km di altezza) dove costituisce un'importante fascia protettiva, schermando la radiazione ultravioletta proveniente dal sole, nociva per gli esseri viventi. Negli strati più bassi dell'atmosfera l'ozono è da ritenersi un inquinante fotochimico che si forma quando la radiazione solare reagisce con inquinanti già presenti nell'aria, tipicamente ossidi di azoto e composti organici volatili.

Fonti: Le zone di più probabile accumulo sono le aree rurali, lontano dalle sorgenti di emissione degli NO_x. Le concentrazioni ambientali di O₃ tendono ad aumentare durante i periodi caldi e soleggiati dell'anno. Nell'arco della giornata, i livelli sono bassi al mattino (fase di innesco del processo fotochimico) raggiungono il massimo nel primo pomeriggio e si riducono progressivamente nelle ore serali con il diminuire della radiazione solare. È un tipico inquinante che si forma nell'atmosfera in seguito alle reazioni fotochimiche a carico di inquinanti precursori prodotti dai processi di combustione (NO_x, idrocarburi, aldeidi).

Rischi: Rischi: A livello cellulare l'O₃ agisce ossidando i gruppi sulfidrilici presenti in enzimi, coenzimi, proteine e acidi grassi insaturi interferendo così con alcuni processi metabolici fondamentali e provocando il danneggiamento delle membrane degli organelli cellulari. Il bersaglio principale dell'O₃ è l'apparato respiratorio dove i danni principali sono a carico dei macrofagi e delle pareti delle piccole arterie polmonari. Gli effetti acuti comprendono secchezza della gola e del naso, aumento della produzione di muco, tosse, faringiti, bronchiti, diminuzione della funzionalità respiratoria, dolori toracici, diminuzione della capacità battericida polmonare, irritazione degli occhi, mal di testa. Le conseguenze a seguito di esposizioni a lungo termine (croniche) sono: fibrosi, effetti teratogeni, effetti sulla paratiroide e sul sistema riproduttivo. Il ruolo dell'O₃ nell'eziologia dei tumori polmonari non è stato ancora completamente chiarito.

limiti normativi d.lgs.155/2010:

Soglia di informazione (superamento del valore orario): 180 µg/m³

Soglia di allarme (superamento del valore orario): 240 µg/m³

Obiettivo a lungo termine per protezione salute umana (massimo giornaliero della media mobile 8 ore): 120 µg/m³

Valore obiettivo per la protezione della salute umana (massimo giornaliero della media mobile 8 ore): 120 µg/m³ da non superare per più di 25 giorni all'anno come media su 3 anni

valori guida OMS:

Massimo stagionale: 60 µg/m³

Media 8 ore: 100 µg/m³

ANIDRIDE CARBONICA

Definizione: L'anidride carbonica (CO₂) è un gas prodotto dalla combustione, inodore, incolore e impercettibile al gusto.

Sorgenti: La CO₂ è il principale gas serra derivante dalle attività umane. Tutti i processi di combustione e del metabolismo umano sono sorgenti di CO₂. Le concentrazioni di CO₂ sono più elevate nell'aria indoor, in virtù della presenza degli occupanti in un ambiente, che richiedono continuamente ossigeno e che producono CO₂, come sottoprodotto del sistema respiratorio.

Rischi: A normali concentrazioni, l'anidride carbonica presente negli edifici non pone dei rischi alla salute umana. In forma gassosa, la CO₂ è un'asfissiante e l'esposizione ad alti livelli può causare iper-ventilazione, vertigini, mal di testa, affaticamento, confusione, bruciore a occhi e pelle, fischi alle orecchie. Alti livelli di CO₂ nei luoghi di lavoro sono associati a bassi livelli di attenzione e bassa produttività.

OSSIDI DI AZOTO (NOX)

Definizione: Comprendono il monossido (NO) e il biossido di azoto (NO₂). L'ossido di azoto è un gas inodore e incolore che costituisce il componente principale delle emissioni di ossidi di azoto nell'aria e viene gradualmente ossidato a NO₂. Il biossido di azoto ha un colore rosso-bruno ed è caratterizzato, ad alte concentrazioni, da un odore pungente e soffocante

Fonti: Trattandosi di un inquinante particolarmente reattivo, entra in numerose reazioni chimiche che portano la formazione di altri inquinanti, tra cui l'ozono, l'acido nitrico e l'acido nitroso. Generalmente gli ossidi di azoto, NO₂ compreso, sono generati dai processi di combustione, qualunque sia il combustibile utilizzato, per reazione diretta ad alta temperatura tra l'azoto e l'ossigeno presente nell'aria. Le principali fonti sono costituite da radiatori a cherosene, da stufe e radiatori a gas privi di scarico, dal fumo di tabacco dalle centrali termoelettriche e dai processi produttivi. Zone di più probabile accumulo sono le aree ad elevato traffico veicolare caratterizzate da scarso ricambio di aria.

Rischi: L'NO₂ è circa 4 volte più tossico dell'NO. I meccanismi biochimici mediante i quali l'NO₂ induce i suoi effetti tossici non sono del tutto chiari anche se è noto che provoca gravi danni alle membrane cellulari a seguito dell'ossidazione di proteine e lipidi. Gli effetti acuti comprendono: infiammazione delle mucose, decremento della funzionalità polmonare, edema polmonare. Gli effetti a lungo termine includono: aumento dell'incidenza delle malattie respiratorie, alterazioni polmonari a livello cellulare e tissutale, aumento della suscettibilità alle infezioni polmonari batteriche e virali. Il gruppo a maggior rischio è costituito dagli asmatici e dai bambini

limiti normativi d.lgs.155/2010:

Soglia di allarme (superamento per 3 ore consecutive del valore soglia): 400 µg/m³

Limite orario per la protezione della salute umana (media 1 ora): 200 µg/m³ da non superare più di 18 volte per anno civile

Limite annuale per la protezione della salute umana (media annua): 40 µg/m³

valori guida OMS:

Media annuale: 10 µg/m³

Media 24 ore: 25 µg/m³ Il biossido di azoto è una molecola fortemente reattiva composta da un atomo di azoto e da due atomi di ossigeno. A temperatura ambiente, il biossido di azoto si presenta come un gas rossastro, con un odore forte e percepibile all'olfatto già a basse concentrazioni.

COV-VOC

Definizione: Quando parliamo di inquinamento indoor, tutti i composti chimici organici, che sono volatili alle normali condizioni di temperatura e pressione si definiscono COV o VOC (Composti Organici Volatili). Solitamente i COV non includono CO, CO₂, acido carbonico, carbonati e ammonio carbonato che produce nell'atmosfera reazioni foto-chimiche.

Sorgenti: Negli edifici, i VOC sono rilasciati nell'aria come gas, da sostanze liquide o solide: vernici, solventi, conservanti del legno, colle; spray per aerosol; repellenti per insetti e deodoranti per gli ambienti, detergenti e disinfettanti; tessuti lavati a secco, pesticidi, materiali da costruzione e mobili; depositi di carburanti e prodotti per l'automobile; materiale da ufficio come copiatrici e stampanti, liquidi correttivi e carta copiativa; grafica e materiali artigianali tra cui colle e adesivi, marcatori permanenti e soluzioni fotografiche.

Rischi: La concentrazione di COV è sempre più alta negli edifici (fino a 10 volte più alta), che all'esterno. Gli effetti sulla salute includono irritazioni di occhi e apparato respiratorio, vertigini, mal di testa, disordini della vista e problemi di memoria.

FORMALDEIDE

Definizione: La Formaldeide, aldeide dell'acido formico, è un gas incolore e dall'odore acre e irritante; molto solubile in acqua, reattivo in molte sintesi, costituisce il composto organico volatile (Voc) più diffuso e più noto. La formaldeide è una sostanza la cui potenziale pericolosità è legata prevalentemente alla sua estrema volatilità e alla conseguente facilità di penetrazione nel nostro sistema respiratorio. L'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro classifica l'agente chimico formaldeide come "cancerogeno certo" tra i più letali per l'uomo!.. (classe 1). Nonostante la pericolosità dimostrata, la si trova invece in numerosissimi prodotti.

Sorgenti: Contengono principalmente formaldeide i materiali da costruzione, i mobili e alcuni prodotti di largo consumo. È anche utilizzata per conservare tessuti organici nei laboratori medici, come conservante di alcuni cibi e antibatterico in alcuni cosmetici. È presente in detergenti e antisettici per la casa e le stoviglie, medicine, ammorbidenti per i tessuti (soprattutto in fase di produzione industriale), detergente per tappeti e moquette, lacche e prodotti in legno. Inoltre, è utilizzata a livello industriale per la produzione di prodotti chimici, pesticidi, fertilizzanti, pellicole fotografiche, e conservanti; in colle e adesivi per prodotti di legno pressati come compensato; nella concia delle pelli come fungicida industriale, germicida e disinfettante.

Rischi: La prima modalità di esposizione a questa sostanza è la respirazione di aria contenente esalazioni di formaldeide. Oltre ad un generico fastidio, la formaldeide è causa di bruciore agli occhi, irritazione delle mucose e del tratto respiratorio. La formaldeide è annoverata fra le sostanze cancerogene per l'uomo.

PIOMBO

Definizione: Il piombo è un elemento in traccia altamente tossico

Sorgenti: le zone di più probabile accumulo sono nei siti industriali. Nel periodo invernale, quando sono più frequenti le condizioni di ristagno degli inquinanti atmosferici. Le altre fonti antropiche derivano dalla combustione del carbone e dell'olio combustibile, dai processi di estrazione e lavorazione dei minerali che contengono Pb, dalle fonderie, dalle industrie ceramiche e dagli inceneritori di rifiuti

Rischi: Il Pb assorbito attraverso l'epitelio polmonare entra nel circolo sanguigno e si distribuisce in quantità decrescenti nelle ossa, fegato, reni, muscoli e cervello. L'intossicazione acuta è rara e si verifica solo in seguito all'ingestione o all'inalazione di notevoli quantità di Pb. La tossicità del Pb può essere spiegata in parte dal fatto che, legandosi ai gruppi sulfidrilici delle proteine o sostituendo ioni metallici essenziali, interferisce con diversi sistemi enzimatici. Tutti gli organi costituiscono potenziali bersagli e gli effetti sono estremamente vari (anemia, danni al sistema nervoso centrale e periferico, ai reni, al sistema riproduttivo, cardiovascolare, epatico, endocrino, gastro-intestinale e immunitario). I gruppi maggiormente a rischio sono costituiti da bambini e donne in gravidanza. Il livello di piombo nel sangue è l'indicatore più attendibile delle esposizioni ambientali a questo inquinante e le linee guida OMS propongono un valore critico pari ad una concentrazione di 100 µg/l

limiti normativi d.lgs.155/2010:

Limite annuale per la protezione della salute umana (media annuale): 0.5 µg/m³

OSSIDI DI ZOLFO

Definizione: Sono costituiti essenzialmente da biossido di zolfo (SO₂) e in minima parte da anidride solforica (SO₃). Il biossido di zolfo (SO₂) è un gas dal caratteristico odore pungente. L'(SO₂) reagisce facilmente con tutte le principali classi di biomolecole: in vitro sono state dimostrate interazioni con gli acidi nucleici, le proteine, i lipidi e varie altre componenti biologiche

Fonti: Rappresentano i tipici inquinanti delle aree urbane e industriali dove l'elevata densità degli insediamenti ne favorisce l'accumulo soprattutto in condizioni meteorologiche di debole ricambio delle masse d'aria. A seguito della diffusa metanizzazione degli impianti di riscaldamento domestici il contributo inquinante degli ossidi di zolfo è notevolmente diminuito nel corso degli anni. Tale inquinante non rappresenta una criticità per il territorio regionale. Le emissioni di origine antropica sono dovute prevalentemente all'utilizzo di combustibili solidi e liquidi e correlate al contenuto di zolfo, sia come impurezze, sia come costituenti nella formulazione molecolare del combustibile (gli oli)

Rischi: A causa dell'elevata solubilità in acqua l'SO₂ viene assorbito facilmente dalle mucose del naso e del tratto superiore dell'apparato respiratorio (solo piccolissime quantità raggiungono la parte più profonda del polmone). Fra gli effetti acuti imputabili all'esposizione ad alti livelli di SO₂ sono compresi: un aumento della resistenza al passaggio dell'aria a seguito dell'inturgidimento delle mucose delle vie aeree, l'aumento delle secrezioni mucose, bronchite, tracheite, spasmi bronchiali e/o difficoltà respiratoria negli asmatici. Fra gli effetti a lungo termine ricordiamo le alterazioni della funzionalità polmonare e l'aggravamento delle bronchiti croniche, dell'asma e dell'enfisema. I gruppi più sensibili sono costituiti dagli asmatici e dai bronchitici. E' stato accertato un effetto irritativo sinergico in seguito all'esposizione combinata con il particolato, probabilmente dovuto alla capacità di quest'ultimo di veicolare l'SO₂ nelle zone respiratorie profonde del polmone

limiti normativi d.lgs.155/2010:

Soglia di allarme (superamento per 3 ore consecutive del valore soglia): 500 µg/m³

Limite orario per la protezione della salute umana (media 1 ora): 350 µg/m³ da non superare più di 24 volte per anno civile

Limite di 24 ore per la protezione della salute umana (media 24 ore): 125 µg/m³ da non superare più di 3 volte per anno civile

Livello critico per la protezione della vegetazione (media annuale e media invernale): 20 µg/m³

valori guida OMS:

Media 24 ore: 40 µg/m³

BENZENE

Definizione: è un liquido incolore e dotato di un odore caratteristico. Il benzene è un idrocarburo aromatico tipico costituente delle benzine

Fonti: Le principali fonti di emissione sono costituite dal traffico, dalla combustione della biomassa e dal settore industriale

Rischi: L'intossicazione di tipo acuto è dovuta all'azione del benzene sul sistema nervoso centrale. A concentrazioni moderate i sintomi sono stordimento, eccitazione e pallore seguiti da debolezza, mal di testa, respiro affannoso, senso di costrizione al torace. A livelli più elevati si registrano eccitamento, euforia e ilarità, seguiti da fatica e sonnolenza e, nei casi più gravi, arresto respiratorio, spesso associato a convulsioni muscolari e infine a morte. Fra gli effetti a lungo termine vanno menzionati interferenze sul processo emopoietico (con riduzione progressiva di eritrociti, leucociti e piastrine) e l'induzione della leucemia nei lavoratori maggiormente esposti. Il benzene è stato inserito da International Agency for Research on Cancer (IARC) nel gruppo 1 cioè tra le sostanze che hanno un accertato potere cancerogeno sull'uomo

limiti normativi d.lgs.155/2010:

Limite annuale per la protezione della salute umana (media annuale): 5.0 µg/m³

valori guida OMS

-

IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (IPA)

Definizione: sono costituiti da due o più anelli aromatici condensati e derivano dalla combustione incompleta di numerose sostanze organiche

Fonti: sono prodotti dalla combustione incompleta di materiale organico. Nel periodo invernale, quando sono più frequenti le condizioni di ristagno degli inquinanti atmosferici. La fonte più importante di origine antropica è rappresentata dalla combustione della biomassa per il riscaldamento domestico, seguita dalle centrali termoelettriche e dagli inceneritori

Rischi: Gli idrocarburi policiclici aromatici sono presenti nell'aerosol urbano sono generalmente associati alle particelle con diametro aerodinamico minore di 2 micron e quindi in grado di raggiungere facilmente la regione alveolare del polmone e da qui il sangue e quindi i tessuti. Oltre ad essere degli irritanti di naso, gola ed occhi sono riconosciuti per le proprietà mutagene e cancerogene. E' accertato il potere cancerogeno di tutti gli IPA a carico delle cellule del polmone, e tra questi anche del benzo(a)pirene (BaP) (gli IPA sono stati inseriti nel gruppo 1 della classificazione IARC). Poiché è stato evidenziato che la relazione tra BaP e gli altri IPA, detto profilo IPA, è relativamente stabile nell'aria delle diverse città, la concentrazione di BaP viene spesso utilizzata come indice del potenziale cancerogeno degli IPA totali

limiti normativi d.lgs.155/2010:

Valore obiettivo (media annuale): 1.0 ng/m³

valori guida OMS

-

METALLI PESANTI (As, Cd, Ni)

Definizione: elementi in tracce come Arsenico (As), Cadmio (Cd), Nichel (Ni) sono sostanze inquinanti spesso presenti nell'aria a seguito di emissioni provenienti da diversi tipi di attività industriali

Fonti: le concentrazioni in aria di alcuni metalli nelle aree urbane e industriali può raggiungere valori 10-100 volte superiori a quelli delle aree rurali. Nel periodo invernale, quando sono più frequenti le condizioni di ristagno degli inquinanti atmosferici. Le fonti antropiche responsabili dell'incremento della quantità naturale di metalli sono principalmente l'attività mineraria, le fonderie e le raffinerie, la produzione energetica, l'incenerimento dei rifiuti e l'attività agricola. I metalli pesanti sono presenti in atmosfera sotto forma di particolato aerotrasportato; le dimensioni delle particelle a cui sono associati e la loro composizione chimica dipende fortemente dalla tipologia della sorgente di emissione

Rischi: l'esposizione agli elementi in tracce è associata a molteplici effetti sulla salute: tra i metalli pesanti quelli maggiormente rilevanti sotto il profilo tossicologico sono il Nichel e il Cadmio. Questi ultimi sono classificati dall'Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro come cancerogeni per l'uomo

limiti normativi d.lgs.155/2010:

Ni - Valore obiettivo (media annuale): 20.0 ng/m³

As - Valore obiettivo (media annuale): 6.0 ng/m³

Cd - Valore obiettivo (media annuale): 5.0 ng/m³

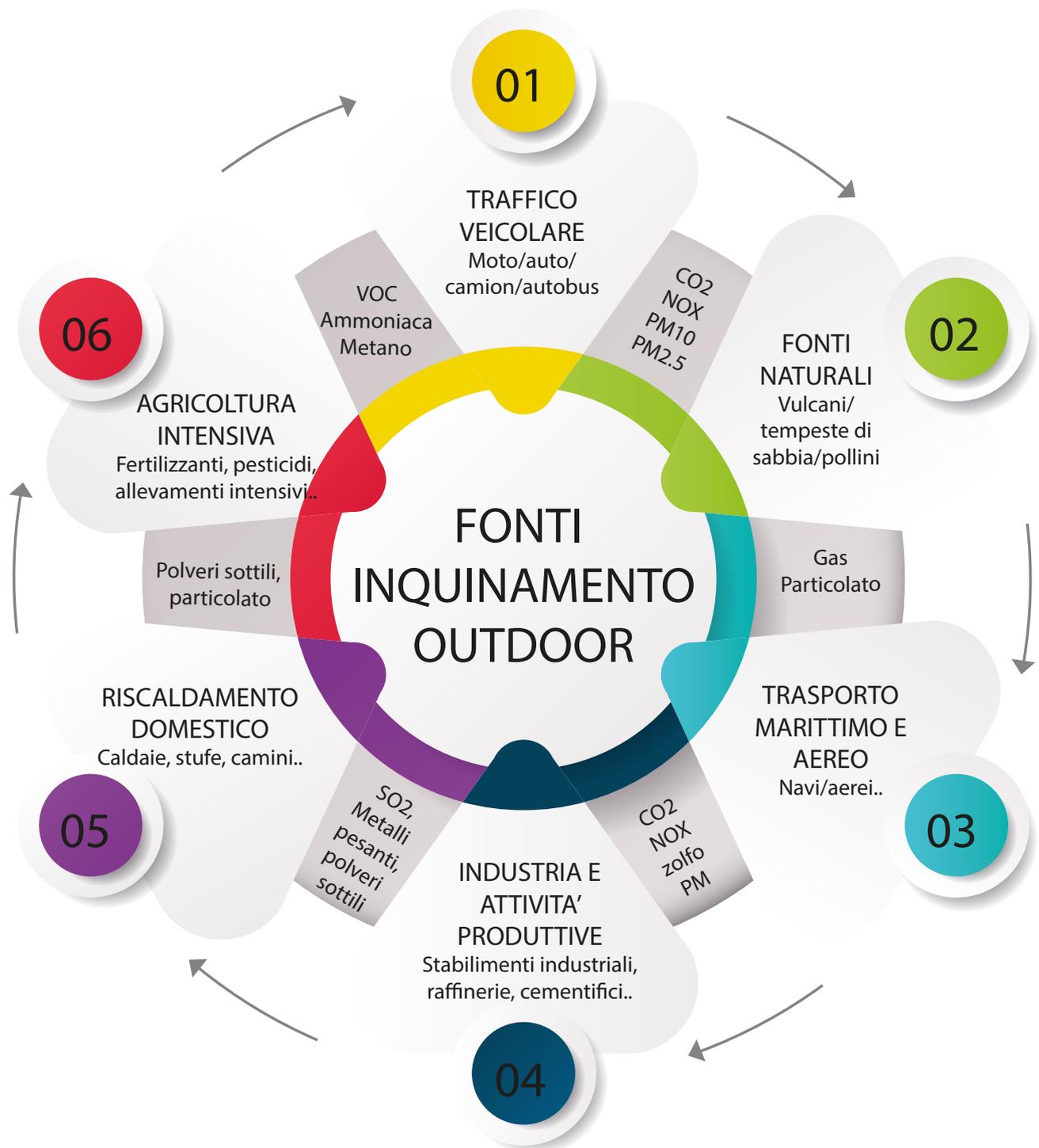
valori guida OMS

-

4.7 FONTI/CAUSE DELL'INQUINAMENTO OUTDOOR

Maggiori cause dell'inquinamento in ambienti esterni

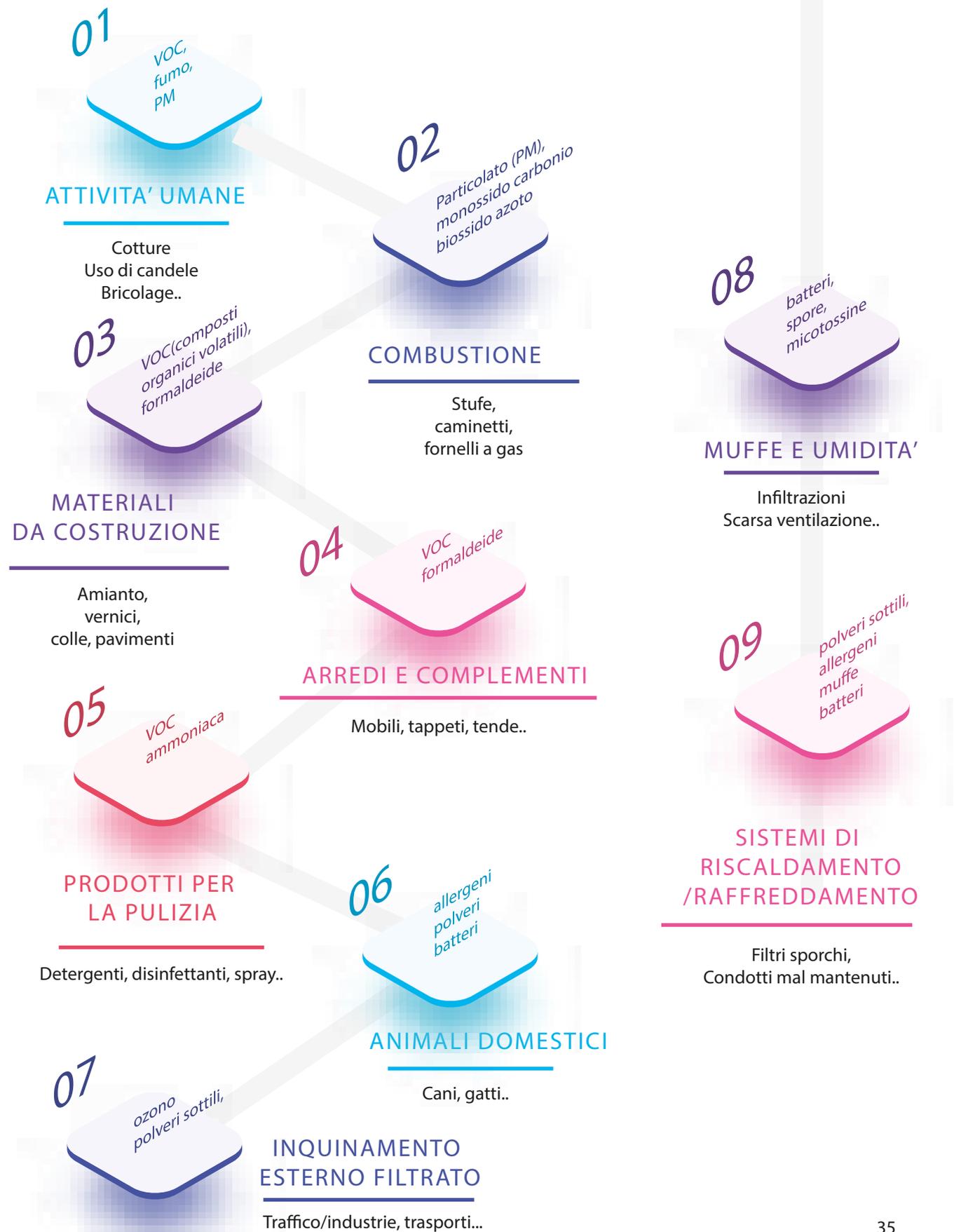
Cosa compone e amplifica l'inquinamento outdoor?



4.7 FONTI/CAUSE DELL'INQUINAMENTO INDOOR

Maggiori cause dell'inquinamento in ambienti interni

Cosa compone e amplifica l'inquinamento indoor?



CONSEGUENZE DELL'INQUINAMENTO INDOOR/OUTDOOR

Le malattie sono stimate e hanno valore indicativo, basate su una combinazione di dati provenienti da fonti come: indagini statistiche su popolazioni che vivono o lavorano in ambienti indoor inquinati, correlando la presenza di determinati inquinanti con la prevalenza di specifici sintomi o patologie. Organizzazioni come l'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità), l'EPA (Environmental Protection Agency) o l'ISS (Istituto Superiore di Sanità) pubblicano dati su quanto l'inquinamento indoor incida sulla salute.

Perciò viene misurata la concentrazione di inquinanti in ambienti indoor (ad esempio tramite sensori) e vengono raccolti dati sanitari della popolazione esposta, si valuta quale percentuale di persone sviluppa sintomi o patologie rispetto al gruppo non esposto o esposto a livelli più bassi e le autorità sanitarie assegnano una percentuale di rischio attribuibile a ciascun inquinante sulla base di soglie stabilite (come i limiti di PM2.5, CO2, VOCs ecc.).

Tuttavia non esiste una "formula unica" che restituisce con precisione universale le malattie, perché:

Variano in base all'area geografica.

Dipendono dal tipo di edificio, ventilazione, abitudini (come fumare indoor).

Sono influenzate da fattori individuali (età, predisposizione genetica).

Mal di testa e ansia

Effetti sul sistema nervoso centrale

Irritazione di occhi, naso, e gola
Prespiratori

Infezioni

Asma

Riduzione della funzione polmonare

Bronchite cronica

Cancro polmonare

Malattie cardiovascolari

Effetti su fegato, milza e sangue

Effetti sul sistema riproduttivo

CAPITOLO 3

STRATEGIE DI
MITIGAZIONE /
MONITORAGGIO
DELLA QUALITA'
DELL'ARIA



COME RIMUOVERE INQUINANTI? PRINCIPI DI VENTILAZIONE E IL LORO IMPATTO SUGLI INQUINANTI

La ventilazione rappresenta un elemento fondamentale per garantire la qualità dell'aria all'interno degli ambienti confinati, poiché consente la diluizione e la rimozione degli inquinanti. Un'adeguata ventilazione influisce direttamente sul benessere degli occupanti, sulla produttività e sulla salute, contribuendo alla prevenzione di patologie respiratorie e allergiche.

TIPOLOGIA DI VENTILAZIONE

Ventilazione naturale: sfrutta differenze di pressione e temperatura per favorire il ricambio d'aria. Questo sistema riduce i consumi energetici, ma presenta una minore capacità di controllo rispetto ai sistemi meccanici, rendendolo meno efficace in ambienti con alta densità di occupanti o in aree con elevati livelli di inquinanti esterni.

Ventilazione meccanica controllata (VMC): assicura un flusso d'aria regolato e costante, migliorando la qualità dell'aria interna attraverso filtri e recuperatori di calore. Questo sistema è particolarmente utile in edifici ad alta efficienza energetica e in contesti urbani con elevata presenza di smog.

VALUTAZIONE DEL CARICO DI INQUINAMENTO NEGLI AMBIENTI INDOOR-OUTDOOR

Per stimare il carico di inquinamento, si considerano diversi parametri:

Concentrazione degli inquinanti: misurata in diversi punti dell'edificio e in ambienti esterni.

Tasso di infiltrazione e ricambio d'aria: analizza il rapporto tra inquinanti esterni/interni per determinare il grado di accumulo.

Modelli di esposizione: calcolano il tempo di permanenza delle persone nei diversi ambienti per stimare il rischio sanitario.

Valutazione del rischio: mediante indici specifici come l'IAQ (Indoor Air Quality Index) e il rapporto tra concentrazioni misurate e limiti di esposizione stabiliti dalle normative.

DOSI GIORNALIERE ASSORBITE DAGLI OCCUPANTI

Il calcolo delle dosi di inquinanti assorbite dagli occupanti avviene considerando:

1. Tasso di inalazione che dipende dall'attività svolta (riposo, lavoro, esercizio fisico) e dal volume d'aria respirata.
2. Tempo di esposizione invece varia a seconda delle abitudini delle persone e della permanenza in ambienti indoor e outdoor.
3. Frazione di deposizione polmonare che dipende dalla dimensione delle particelle inalate e dalla profondità di penetrazione nel sistema respiratorio.
4. Alcuni composti presentano effetti cronici anche a basse concentrazioni, mentre altri hanno impatti acuti immediati.
5. Capacità dell'organismo di eliminare o accumulare gli inquinanti nel tempo.



UTILIZZO DI PURIFICATORI D'ARIA E NUOVE TECNOLOGIE PER LA DEPURAZIONE

La crescente attenzione alla qualità dell'aria negli ambienti interni ha portato allo sviluppo di numerose soluzioni tecnologiche per la purificazione dell'aria. Negli ultimi anni sono stati sviluppati sistemi avanzati di filtrazione e depurazione che si affiancano ai metodi tradizionali, come i filtri HEPA e a carbone attivo.

I purificatori d'aria moderni si avvalgono di sistemi di depurazione basati su principi fisici e chimici in grado di eliminare inquinanti atmosferici, allergeni e agenti patogeni. Tra le tecnologie più diffuse troviamo:

Ionizzazione: questo sistema rilascia ioni negativi nell'aria, che si legano alle particelle inquinanti rendendole più pesanti. In questo modo, le particelle precipitano sulle superfici, dove possono essere rimosse attraverso la pulizia, o vengono catturate da filtri elettrostatici. Questo metodo è efficace nella riduzione di polveri sottili, pollini, batteri e virus, ma richiede un'adeguata ventilazione per evitare l'accumulo di particelle su mobili e pavimenti.

Fotocatalisi: questa tecnologia sfrutta il biossido di titanio (TiO_2) attivato dalla luce UV per innescare reazioni chimiche che decompongono composti organici volatili (COV), batteri e altre sostanze nocive, trasformandole in anidride carbonica e acqua. Questo processo è particolarmente efficace nella neutralizzazione di odori sgradevoli e nella riduzione di inquinanti gassosi presenti negli ambienti indoor.

Plasma freddo: questo metodo genera un mix di ioni, radicali liberi e altre specie reattive che interagiscono con agenti inquinanti e microrganismi, distruggendoli senza la necessità di filtri fisici. Il plasma freddo è altamente efficace nella riduzione di virus, batteri e muffe, rappresentando una tecnologia per la sanificazione degli ambienti.

Filtrazione elettrostatica: utilizza campi elettrici ad alta tensione per catturare particelle inquinanti, comprese le polveri sottili (PM2.5, PM10), il polline e gli agenti patogeni. Questo sistema offre un'elevata efficienza nella rimozione di particelle ultrafini, una bassa resistenza al flusso d'aria, migliorando l'efficienza energetica rispetto ai filtri HEPA tradizionali e aumenta la facilità di pulizia e riutilizzo, riducendo i costi di manutenzione.



USO DELLE PIANTE INDOOR PER LA FILTRAZIONE NATURALE DELL'ARIA

Le piante da interno non solo migliorano l'estetica degli ambienti, ma svolgono anche un ruolo importante nella depurazione dell'aria. Numerosi studi, tra cui quelli condotti dalla NASA, hanno dimostrato che alcune specie vegetali sono in grado di assorbire e neutralizzare sostanze inquinanti come formaldeide, benzene e xilene, presenti nei materiali di arredamento, nei detergenti e nei dispositivi elettronici. Alcune piante sono:

Sansevieria (Lingua di suocera): efficace nell'assorbire anidride carbonica e rilasciare ossigeno anche durante la notte, contribuendo a migliorare la qualità dell'aria nelle camere da letto.

Aloe Vera: oltre alle sue proprietà benefiche per la pelle, è in grado di assorbire composti organici volatili, riducendo la concentrazione di sostanze tossiche.

Ficus Benjamina: rimuove formaldeide, toluene e altre sostanze chimiche nocive presenti negli ambienti domestici e lavorativi.

Pothos (Epipremnum aureum): filtra benzene, xilene e altre particelle tossiche, migliorando la qualità dell'aria indoor.

Dracena: riduce la presenza di sostanze chimiche e polveri sottili, contribuendo a un'aria più salubre.

INNOVAZIONI NEI RIVESTIMENTI ANTI-INQUINAMENTO PER PARETI E SUPERFICI

Oltre ai purificatori d'aria e alle piante, la ricerca ha portato allo sviluppo di materiali innovativi per il rivestimento di pareti, superfici e arredi, capaci di contribuire attivamente alla depurazione dell'aria.

Pitture fotocatalitiche: questi prodotti contengono biossido di titanio che, attivato dalla luce, decompone sostanze nocive come ossidi di azoto (NOx), composti organici volatili (COV) e batteri.

Rivestimenti a base di nanomateriali: le nanotecnologie sono sempre più utilizzate nella produzione di materiali con proprietà autopulenti e depurative. I rivestimenti a base di nanoparticelle sono progettati per catturare e neutralizzare agenti inquinanti come particelle di smog, muffe e batteri.

Tessuti e materiali autopulenti: alcuni tessuti per tende, tappezzerie e moquette vengono trattati con sostanze che riducono l'adesione delle particelle inquinanti, rendendoli più facili da pulire e migliorando la qualità dell'aria.

Piastrelle e materiali edilizi con proprietà assorbenti: l'innovazione nel settore edilizio ha portato allo sviluppo di materiali capaci di assorbire e neutralizzare sostanze tossiche





STRATEGIE PER LA RIDUZIONE DELL'INQUINAMENTO OUTDOOR

MOBILITA' SOSTENIBILE

Incentivazione del trasporto pubblico attraverso il miglioramento dell'efficienza e della capillarità del servizio, l'abbassamento delle tariffe e l'integrazione con sistemi multimodali (bici, car-sharing, e-scooter).

Promozione della mobilità elettrica, con incentivi per l'acquisto di veicoli a emissioni zero e la realizzazione di infrastrutture di ricarica diffuse.

Introduzione di veicoli a idrogeno e biocarburanti, per ridurre l'impatto ambientale del trasporto privato e pubblico.

REGOLAMENTAZIONE DELLE EMISSIONI INDUSTRIALI E SISTEMI DI CONTROLLO

Adozione di tecnologie di depurazione avanzate per abbattere le emissioni di particolato e gas inquinanti.

Implementazione di normative più stringenti sui limiti di emissione per le industrie e incentivi per l'adozione di processi produttivi più puliti.

Controllo continuo delle emissioni industriali mediante sensori e sistemi di monitoraggio automatizzati connessi a database centralizzati.

Promozione dell'economia circolare per ridurre gli scarti industriali e limitare l'emissione di sostanze nocive.

INTRODUZIONE DELLE LOW EMISSION ZONES (LEZ) E POLITICHE DI LIMITAZIONE DEL TRAFFICO

Creazione di LEZ nelle aree urbane più congestionate, vietando l'accesso ai veicoli più inquinanti e incentivando mezzi di trasporto ecologici.

Attuazione di pedaggi urbani (congestion charge) per disincentivare l'uso dell'auto privata e finanziare il potenziamento del trasporto pubblico.

Potenziamento delle infrastrutture di trasporto pubblico con veicoli elettrici, a idrogeno e biogas.

Adozione di politiche di logistica sostenibile, con la creazione di centri di smistamento merci a basse emissioni.

SISTEMI DI FILTRAZIONE DELL'ARIA NELLE CITTA'

Installazione di torri anti-smog, strutture tecnologiche in grado di catturare particolato fine e altri inquinanti attraverso sistemi di filtraggio avanzati.

Creazione di barriere verdi con alberi e piante ad alta capacità filtrante platani, tigli e aceri, lungo le strade urbane e intorno agli impianti industriali.

Creazione di corridoi verdi per migliorare la circolazione dell'aria e ridurre l'effetto dell'isola di calore urbano (riduzione del rischio di eventi meteorologici estremi)

Utilizzo di materiali fotocatalitici nelle infrastrutture urbane (es. vernici e cementi fotocatalitici) per abbattere gli inquinanti atmosferici.

SMART CITIES E UTILIZZO DI SENSORI PER IL MONITORAGGIO IN TEMPO REALE

Implementazione di reti di sensori IoT per la misurazione della qualità dell'aria in tempo reale, con dati accessibili alla cittadinanza tramite app e portali dedicati.

Utilizzo dell'intelligenza artificiale per l'analisi predittiva dell'inquinamento e la gestione dinamica del traffico urbano.

Sviluppo di sistemi di allerta per informare i cittadini nei periodi di elevato inquinamento e attuare misure di emergenza.

Utilizzo di pavimentazioni stradali innovative che riducono il sollevamento delle polveri sottili.

Sistemi di irrigazione intelligente per abbattere le polveri nelle zone più inquinate.

Incentivazione di materiali edilizi a basso impatto ambientale e con proprietà assorbenti per gli inquinanti.

PROGETTAZIONE DI INFRASTRUTTURE VERDI

Installazione di tetti e pareti verdi per ridurre la concentrazione di inquinanti e migliorare l'isolamento termico degli edifici, promozione di incentivi per la realizzazione di infrastrutture verdi in ambito urbano e urban Forestry e Parchi Urbani.

Pianificazione di nuove aree verdi urbane per favorire la biodiversità e migliorare la qualità dell'aria.

Creazione di parchi urbani multifunzionali che combinino spazi ricreativi con zone dedicate alla filtrazione naturale dell'aria. Questo porterebbe a una riduzione della temperatura nelle città, grazie all'effetto di ombreggiamento e alla traspirazione delle piante.



COMPONENTI TIPICI DI UN SENSORE PER RILEVAMENTO DELLA QUALITA' DELL'ARIA

Un sensore di qualità dell'aria opera rilevando la presenza di sostanze inquinanti attraverso processi chimici, ottici o elettronici. Il suo funzionamento si basa su una serie di componenti che interagiscono per garantire una misurazione accurata. In genere, il processo di rilevamento segue queste fasi:

1. L'aria viene convogliata nella camera di rilevamento tramite un piccolo ventilatore o per diffusione naturale.
2. I filtri rimuovono particelle indesiderate, come umidità eccessiva, per garantire una misurazione più precisa.
3. Un sensore specifico misura la concentrazione di gas e genera un segnale proporzionale alla quantità rilevata.
4. I circuiti elettronici elaborano il segnale e lo trasmettono a un microcontrollore.
5. I dati vengono visualizzati su display o trasmessi a un dispositivo remoto per il monitoraggio in tempo reale.

COMPONENTI PRINCIPALI

1. CAMERA DI RILEVAMENTO/FILTRI

La camera di rilevamento è lo spazio in cui avviene il contatto tra l'aria e il sensore. Questa camera è progettata per garantire un flusso d'aria costante e controllato, minimizzando interferenze esterne come variazioni di temperatura/umidità. All'interno della camera possono essere presenti più sensori per il rilevamento simultaneo di diversi inquinanti.

I filtri invece sono utilizzati per eliminare particelle di polvere, umidità e altre impurità che potrebbero interferire con la misurazione. Possono essere di diversi tipi, tra cui:

Filtri antiparticolato (per rimuovere PM2.5 e PM10)

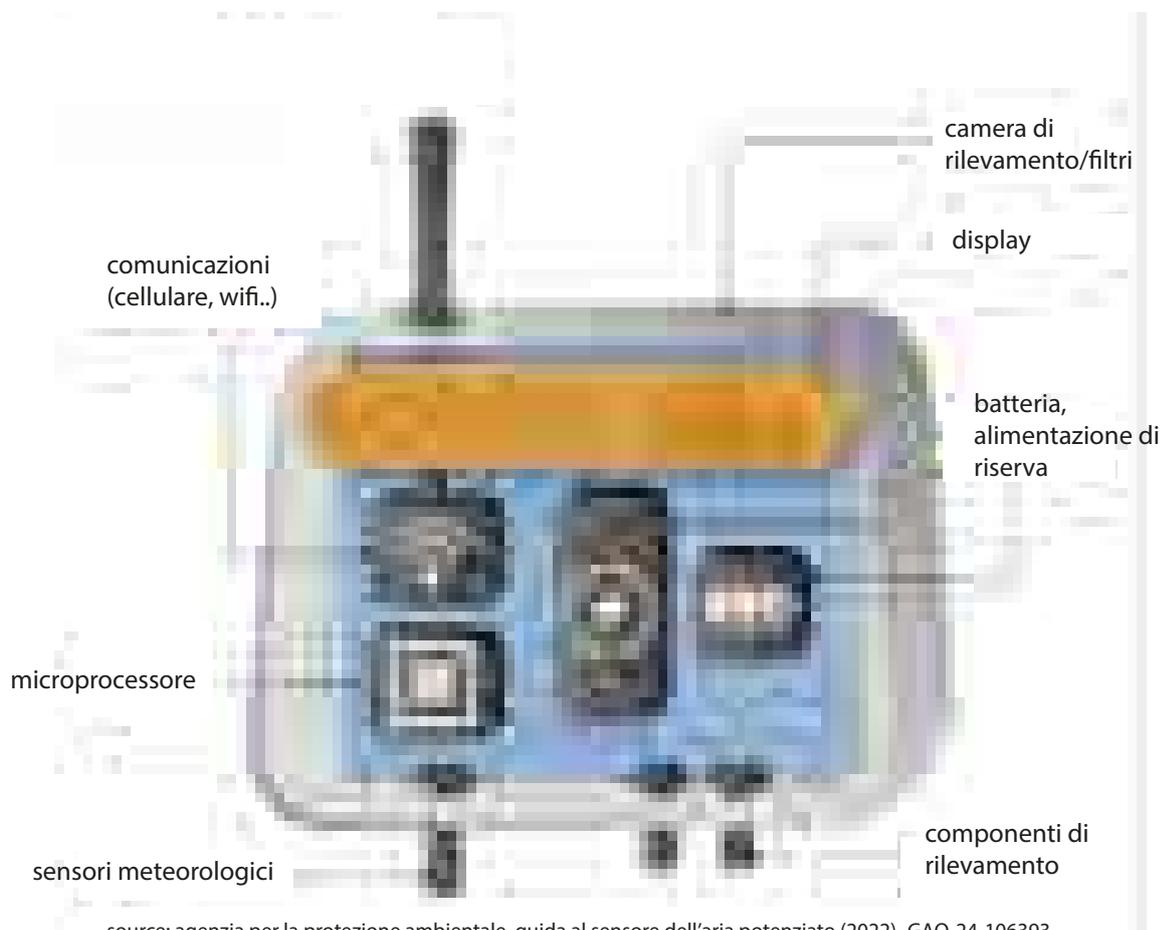
Filtri ai carboni attivi (per assorbire composti organici volatili - VOC)

Filtri a membrana (per bloccare umidità e condensa eccessiva)

2. SENSORI DI RILEVAMENTO

Il cuore del sistema di rilevamento è costituito da uno o più sensori specifici per diverse sostanze inquinanti:

Esistono sensori elettrochimici, sensori a infrarossi (NDIR), sensori a semiconduttore (MOS), sensori laser o ottici..



source: agenzia per la protezione ambientale, guida al sensore dell'aria potenziato (2022)- GAO-24-106393

3. MODULI DI CONNETTIVITA', CALIBRAZIONE E TRASMISSIONE DATI

Per l'integrazione con sistemi IoT, molti sensori includono moduli di comunicazione che permettono la trasmissione dei dati a piattaforme cloud o server locali tramite: Wi-Fi o Bluetooth (per connessioni a corto raggio), LoRaWAN o Sigfox (per comunicazioni a lungo raggio), Zigbee (per domotica e smart home). Esistono diverse tecniche di taratura, tra cui: calibrazione con gas standard quindi i sensori vengono esposti a concentrazioni note di gas per regolare la loro risposta o la calibrazione sul campo (zero e span adjustment) cioè si utilizza campioni d'aria pulita e miscele gassose di riferimento per correggere eventuali deviazioni nei dati rilevati, ma alcuni sensori avanzati integrano algoritmi di autocalibrazione basati sull'analisi delle tendenze dei dati raccolti nel tempo. I sensori di fascia alta includono funzionalità di auto-diagnosi che avvertono l'utente quando è necessaria una calibrazione

4. CIRCUITI ELETTRONICI E UNITA' DI ELABORAZIONE

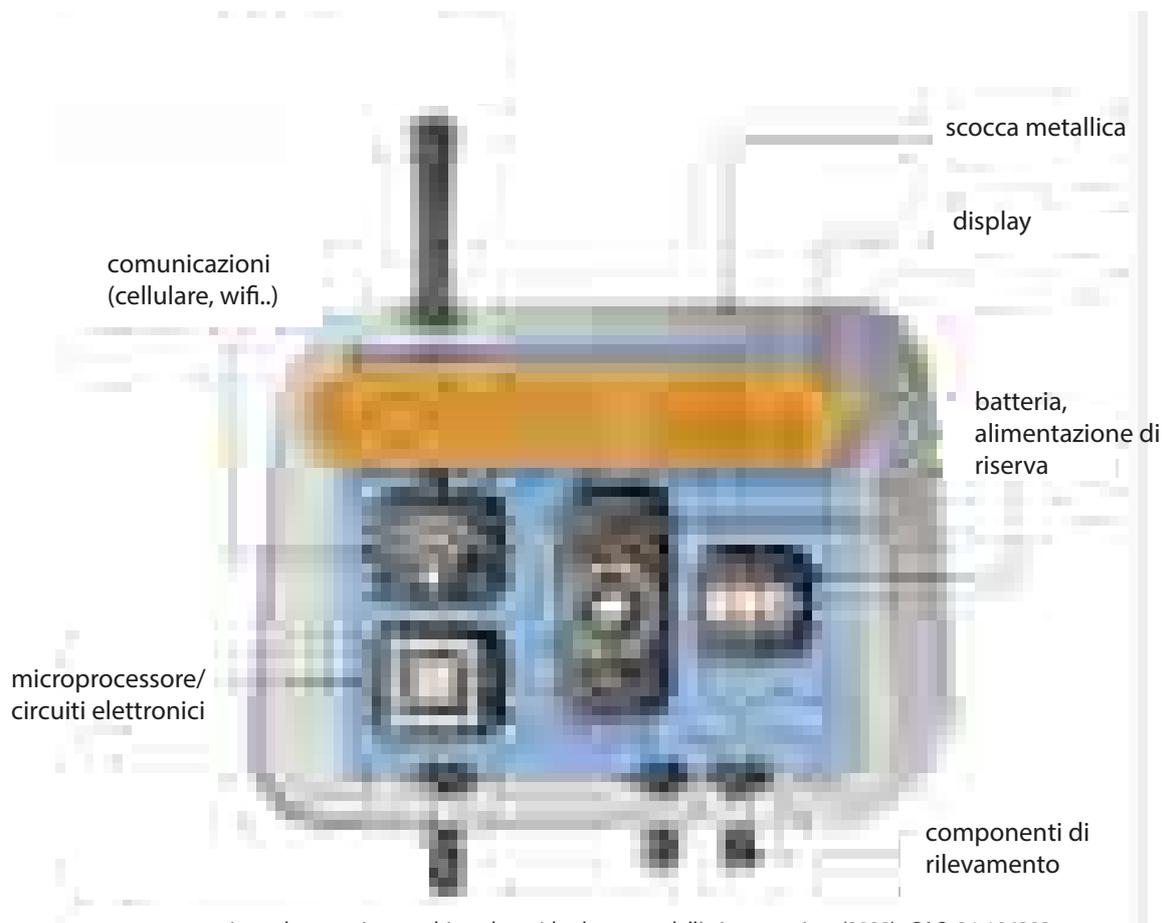
Questi componenti elaborano i segnali provenienti dai sensori e li convertono in dati comprensibili. I circuiti principali includono un microcontrollore o microprocessore che gestisce la raccolta e l'analisi dei dati, un convertitore analogico-digitale (ADC) che trasforma i segnali analogici dei sensori in dati digitali e dei moduli di comunicazione (Wi-Fi, Bluetooth o LoRa) per la trasmissione dei dati a dispositivi remoti.

5. DISPLAY E INTERFACCIA UTENTE

Alcuni sensori sono dotati di schermi LCD o LED per la visualizzazione diretta dei valori rilevati. Nei dispositivi smart, i dati possono essere visualizzati su app mobili o su piattaforme cloud.

6. ALIMENTAZIONE

La scelta del sistema di alimentazione incide direttamente sulla durata operativa e sull'affidabilità dei sensori. Per esempio i sensori alimentati a batteria sono ideali per applicazioni portatili o installazioni remote, dove non è possibile accedere facilmente alla rete elettrica ma richiedono strategie di risparmio energetico per prolungare la durata della batteria. Sensori con alimentazione di rete invece garantiscono continuità operativa e maggiore stabilità nei dati raccolti, ma necessitano di un'infrastruttura elettrica adeguata. Per aumentare l'efficienza e l'autonomia dei sensori, vengono adottate diverse tecnologie di risparmio energetico, tra cui modalità di standby e wake-up intelligente, in cui il sensore attiva le misurazioni solo a intervalli di tempo specifici o in base a trigger ambientali, oppure l'uso di microcontrollori a basso consumo, che riducono la richiesta energetica del sistema...



source: agenzia per la protezione ambientale, guida al sensore dell'aria potenziato (2022)- GAO-24-106393

SENSORI LOW COST VS SENSORI PROFESSIONALI

SENSORI LOW COST

I sensori a basso costo sono dispositivi economici, accessibili e largamente impiegati in contesti non professionali, come il monitoraggio domestico e progetti di citizen science. Il prezzo ridotto rende questi sensori accessibili a una vasta gamma di utenti, dai cittadini ai piccoli enti di ricerca e possono essere facilmente implementati in sistemi domotici e piattaforme IoT per il monitoraggio in tempo reale e sono ideali per applicazioni a lungo termine, anche con alimentazione a batteria. Grazie al loro basso costo, possono essere installati in un numero elevato di punti per creare una rete di monitoraggio distribuita.

Però questi dispositivi presentano un pò di limitazioni:

1. Le misurazioni possono essere meno affidabili rispetto ai dispositivi professionali (maggiore variabilità dei dati)
2. Variazioni di temperatura e umidità possono influenzare i risultati, richiedendo correzioni o compensazioni.
3. Per mantenere un livello di affidabilità accettabile, necessitano di calibrazioni periodiche.
4. Rispetto ai sensori professionali, tendono ad avere una vita utile più breve e possono degradarsi più rapidamente.

SENSORI PROFESSIONALI

I sensori professionali sono progettati per fornire misurazioni di elevata precisione e affidabilità, risultando la scelta ideale per applicazioni industriali e governative. Sono impiegati in studi di ricerca, monitoraggio ambientale su larga scala e regolamentazione della qualità dell'aria. Offrono dati altamente accurati, fondamentali per decisioni basate su evidenze scientifiche, sono progettati per funzionare in condizioni ambientali difficili senza subire significative variazioni nei dati raccolti, possono essere integrati in sistemi di monitoraggio complessi, spesso con connessioni dirette a banche dati per analisi su larga scala. Realizzati con materiali e tecnologie avanzate, garantiscono una lunga vita operativa senza degrado delle prestazioni.

Però questi dispositivi presentano un pò di limitazioni:

1. Il prezzo di acquisto e mantenimento può essere molto alto, rendendoli accessibili principalmente a enti pubblici, università e grandi aziende.
2. Richiedono personale specializzato per la configurazione e la calibrazione periodica.
3. Il loro funzionamento ottimale spesso dipende da connessioni di rete stabili e sistemi di gestione avanzati.

sensores low cost Temtop



Stazione Meteo Intelligente Netatmo

STRATEGIA DI POSIZIONAMENTO DEI SENSORI INDOOR

Per una corretta installazione dei sensori, è necessario considerare diversi fattori ambientali e strutturali:

1. I sensori devono essere posizionati a un'altezza compresa tra 0.8 e 1.3 metri dal suolo per simulare la zona respiratoria umana.
2. Devono essere collocati lontano da finestre e porte per evitare interferenze dovute a flussi d'aria esterni che potrebbero alterare le misurazioni.
3. La vicinanza a cucine, stampanti, camini o altre fonti di emissioni può generare dati non rappresentativi dell'aria dell'intero ambiente (posizionati a una distanza adeguata per evitare picchi di concentrazione non realistici)
4. L'aria condizionata, i sistemi di ventilazione meccanica e i radiatori possono alterare la distribuzione degli inquinanti. I sensori non devono essere collocati direttamente vicino a bocchette di aerazione/flussi d'aria artificiali.
5. È importante considerare come viene utilizzato l'ambiente monitorato. Un ufficio con molti dipendenti avrà esigenze diverse rispetto a una scuola o a un'abitazione privata.

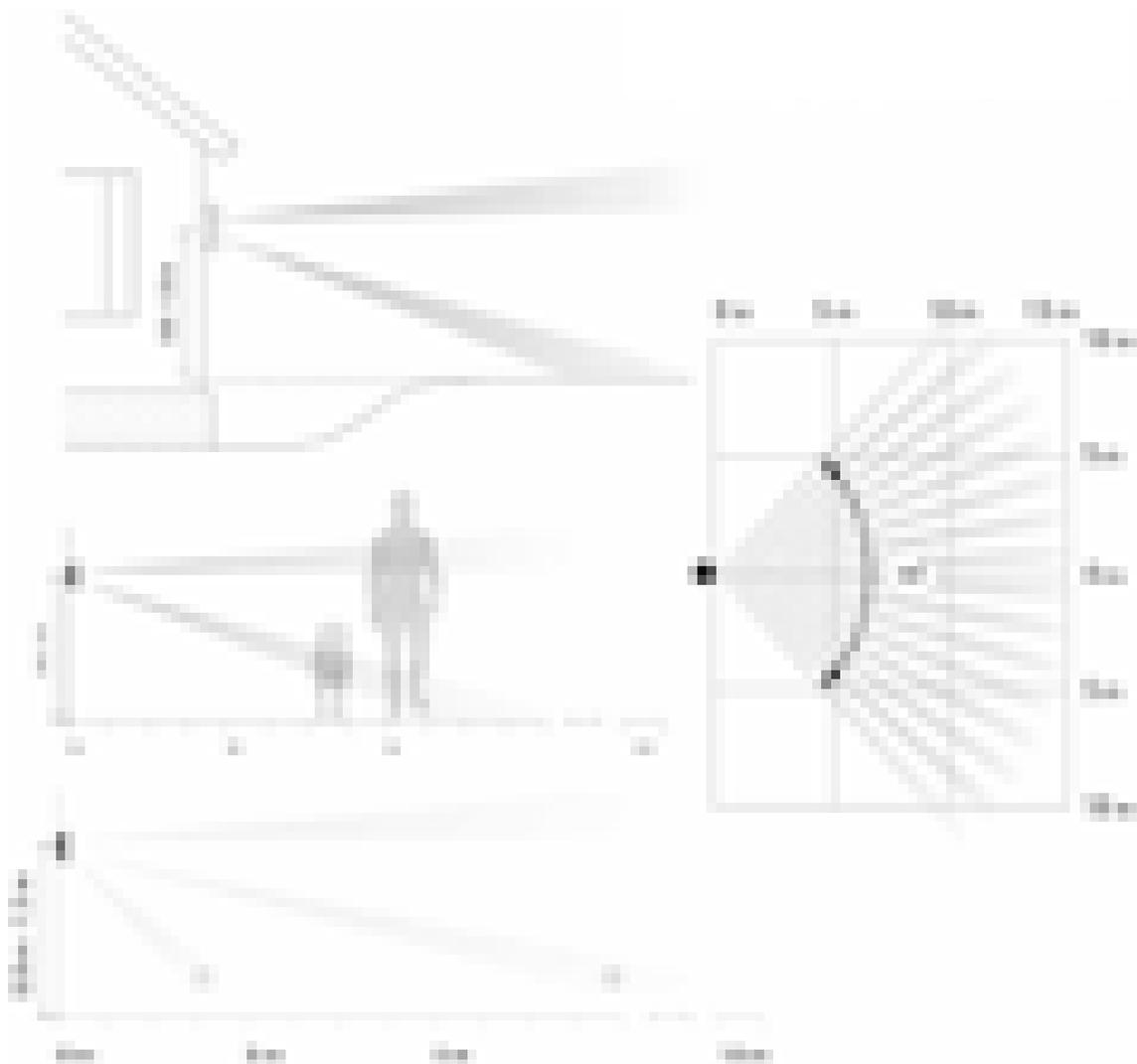
FATTORI CHE INFLUENZANO LA POSIZIONE

La qualità dell'aria all'interno di un edificio non è uniforme e può variare a seconda di diversi parametri:

1. Gli inquinanti tendono ad accumularsi in alcune zone, come angoli poco ventilati o stanze con scarsa aerazione.
2. L'afflusso di persone può modificare la dispersione degli inquinanti, alterando le misurazioni.
3. Correnti d'aria naturali o artificiali possono influenzare la concentrazione locale degli inquinanti.

A seconda delle necessità di monitoraggio, i sensori possono essere collocati in diverse configurazioni:

1. Sensori fissi offrono una misurazione costante, ideali per un monitoraggio a lungo termine in punti strategici.
2. Sensori mobili sono utili per analisi temporanee o per valutare la qualità dell'aria in diverse zone di un edificio.
3. L'uso di più sensori in diversi punti dell'ambiente consente di ottenere una visione più dettagliata dell'aria.



STRATEGIA DI POSIZIONAMENTO DEI SENSORI OUTDOOR

FATTORI CHE INFLUENZANO LA POSIZIONE

1. I sensori devono essere posizionati in prossimità di fonti di inquinamento (ad es. strade trafficate, impianti industriali, cantieri) per monitorare gli effetti diretti delle emissioni.
2. Devono essere evitati posizionamenti troppo vicini a singole fonti di emissione per evitare dati non rappresentativi dell'area circostante.
3. L'altezza ideale varia a seconda dell'obiettivo del monitoraggio. L'altezza raccomandata è 2.4 metri.
4. Per il monitoraggio degli inquinanti a livello urbano, i sensori possono essere posizionati su edifici o pali a diverse altezze per comprendere la dispersione verticale degli inquinanti.
5. L'installazione deve garantire una copertura omogenea della città, considerando la densità del traffico, la presenza di aree verdi e la conformazione urbanistica.
6. La rete di sensori deve includere aree con diverse caratteristiche, come zone residenziali, industriali, commerciali e parchi urbani, per una mappatura completa dell'inquinamento atmosferico.
7. La direzione e l'intensità del vento possono alterare la dispersione degli inquinanti, pertanto è utile posizionare i sensori considerando i pattern dominanti dei venti.
8. L'umidità e la temperatura possono influenzare le misurazioni di alcuni inquinanti, richiedendo strumenti con adeguata compensazione dei dati.
9. I droni possono essere impiegati per misurazioni temporanee in aree difficili da raggiungere o per rilevamenti tridimensionali dell'inquinamento. Possono essere utilizzati per validare i dati dei sensori fissi e per individuare rapidamente fonti di emissione non individuabili con i metodi tradizionali.



EVOLUZIONE DELLE TECNOLOGIE PER IL MONITORAGGIO INQUINAMENTO ATMOSFERICO: dai primi strumenti di misurazione ai dispositivi IoT avanzati

Il monitoraggio dell'inquinamento atmosferico ha subito un'evoluzione nel corso del tempo, passando da strumenti rudimentali a sofisticati dispositivi in grado di fornire dati in tempo reale e ad alta risoluzione. Questa evoluzione ha migliorato la capacità di individuare e prevenire l'inquinamento, fornendo informazioni essenziali per la tutela della salute pubblica e dell'ambiente. L'incremento della sensibilità della popolazione e delle autorità verso le problematiche ambientali ha accelerato lo sviluppo tecnologico, permettendo l'adozione di strumenti sempre più precisi e accessibili.

1950-1970

Nei primi anni del monitoraggio dell'inquinamento atmosferico, le tecnologie disponibili erano limitate e spesso basate su metodi indiretti. Tra i primi strumenti impiegati troviamo:

1. L'osservazione visiva e olfattiva degli effetti dell'inquinamento, come la nebbia industriale e gli odori sgradevoli, utilizzata per stimare empiricamente la qualità dell'aria.
2. Il metodo del bicarbonato per la misurazione della concentrazione di CO_2 , che si basava sulla reazione chimica tra l'anidride carbonica e soluzioni alcaline.
3. I campionatori gravimetrici, utilizzati per raccogliere particolato atmosferico su filtri, successivamente pesati per determinarne la concentrazione.
4. Gli analizzatori a fiamma, impiegati per il rilevamento dei gas solforati attraverso reazioni chimiche specifiche

1970-1980

Con l'avanzamento della tecnologia, gli strumenti di monitoraggio sono diventati più sofisticati, consentendo un'analisi più precisa e continua. Durante gli anni '70 e '80 sono stati sviluppati:

1. Spettrofotometri UV-Vis ossia strumenti utilizzati per misurare la concentrazione di gas come NO_2 e SO_2 basandosi sull'assorbimento della luce ultravioletta e visibile.
2. Analizzatori di gas a infrarossi in grado di rilevare gas come CO e CO_2 grazie all'assorbimento delle radiazioni infrarosse, migliorando l'affidabilità delle misurazioni.
3. Rivelatori elettrochimici cioè dispositivi basati su reazioni elettrochimiche per misurare concentrazioni di gas tossici come l'ozono e il monossido di carbonio, fondamentali per monitorare gli effetti dello smog fotochimico.
4. Stazioni fisse di monitoraggio ossia reti di sensori installati in punti strategici per il rilevamento continuo dell'inquinamento atmosferico, che hanno fornito dati più strutturati e geolocalizzati.

I campionatori gravimetrici



analizzatore a fiamma



1990-2000

A partire dagli anni '90 e 2000, lo sviluppo delle tecnologie di comunicazione e dei sistemi informatici ha permesso l'evoluzione delle reti di monitoraggio automatizzate. Questi sistemi erano in grado di:

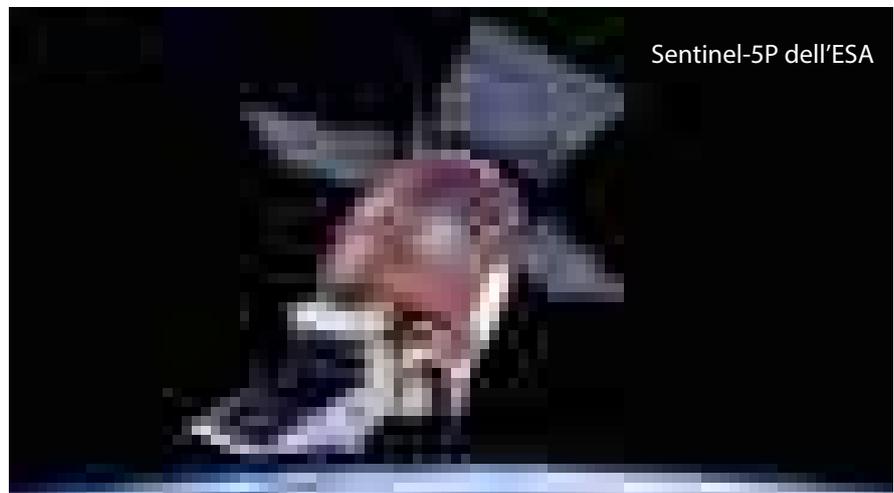
1. Effettuare misurazioni continue e trasmettere i dati in tempo reale alle autorità ambientali, migliorando la tempestività delle risposte alle emergenze ambientali.
2. Integrare dati provenienti da diverse fonti, inclusi satelliti e modelli atmosferici, per un'analisi più completa e multidimensionale.
3. Prevedere fenomeni di inquinamento grazie all'utilizzo di modelli matematici avanzati e algoritmi di simulazione, consentendo interventi preventivi per ridurre i rischi per la salute pubblica.

OGGI

Negli ultimi anni, l'Internet of Things (IoT) ha rivoluzionato il monitoraggio dell'inquinamento atmosferico, consentendo la creazione di reti di sensori intelligenti e distribuiti. Le innovazioni più rilevanti includono:

1. Sensori a basso costo ossia dispositivi miniaturizzati in grado di rilevare concentrazioni di gas
2. Droni per il monitoraggio ambientale impiegati per il rilevamento della qualità dell'aria in aree difficili da raggiungere, come siti industriali, foreste e zone urbane congestionate.
3. Sistemi basati su intelligenza artificiale (AI) in grado di analizzare grandi quantità di dati e prevedere scenari di inquinamento con maggiore precisione rispetto ai metodi tradizionali.
4. Sistemi satellitari avanzati cioè strumenti come il Sentinel-5P dell'ESA, che forniscono dati globali sulla qualità dell'aria con risoluzione elevata, consentendo il monitoraggio dell'inquinamento atmosferico su scala planetaria.

Le tecnologie emergenti continuano a ridefinire il campo del monitoraggio ambientale. L'integrazione tra big data, machine learning permetterà di ottenere previsioni sempre più accurate e di sviluppare politiche ambientali mirate ed efficaci. Inoltre, l'uso di nanotecnologie e nuovi materiali potrebbe portare alla realizzazione di sensori ancora più precisi e sensibili, migliorando ulteriormente la qualità dei dati raccolti. L'evoluzione delle tecnologie dimostra come l'innovazione scientifica e tecnologica sia fondamentale per affrontare le sfide ambientali del nostro tempo. Il futuro del monitoraggio ambientale sarà sempre più caratterizzato da strumenti intelligenti, interconnessi e accessibili, capaci di fornire dati in tempo reale e supportare decisioni strategiche per la salvaguardia della salute e del pianeta.



Sentinel-5P dell'ESA



droni per monitoraggio
ambientale con piattaforma

PRINCIPALI TECNOLOGIE DI RILEVAMENTO

LASER SCATTERING (Diffusione della luce laser)

La tecnica di diffusione della luce laser viene utilizzata per misurare le concentrazioni di particolato nell'aria, suddiviso in base alla dimensione delle particelle.

PM1 (particelle con diametro aerodinamico $\leq 1 \mu\text{m}$),

PM2.5 (particelle con diametro $\leq 2,5 \mu\text{m}$)

PM10 (particelle con diametro $\leq 10 \mu\text{m}$).

Il principio si basa sull'interazione tra un fascio di luce laser e le particelle presenti in sospensione nell'aria.

FASI:

1. Un laser emette un fascio di luce coerente e monocromatico. Questo fascio attraversa un flusso d'aria campionato da un sensore.
2. Quando il fascio laser colpisce le particelle sospese nell'aria, queste diffondono la luce. La diffusione dipende dalla dimensione, dalla forma e dall'indice di rifrazione delle particelle.
3. Un sensore ottico (di solito un fotodiodo o un fotomoltiplicatore) rileva l'intensità della luce diffusa. Il segnale luminoso viene quindi analizzato per stimare il numero e le dimensioni delle particelle.
4. Un algoritmo converte i segnali rilevati in informazioni quantitative come concentrazione (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e distribuzione dimensionale delle particelle.

PRO

1. Rileva particelle di dimensioni molto piccole fino a frazioni di micron.
2. I sensori sono compatti e facilmente integrabili in dispositivi portatili e economici.
3. Forniscono dati quasi istantanei

CONTRO

1. Non è in grado di identificare la natura chimica, biologica o fisica delle particelle rilevate (non distingue tra polline, fuliggine, polveri minerali o goccioline d'acqua)
2. L'umidità elevata può alterare i risultati (goccioline disperdono la luce in modo simile alle particelle solide)
3. L'accuratezza della stima delle dimensioni delle particelle è influenzata dalle ipotesi fatte sui parametri ottici (come l'indice di rifrazione delle particelle).
4. In ambienti con concentrazioni alte di particolato, il sensore può saturarsi e perdere precisione.

TECNOLOGIA MOX (Metal Oxide Sensors)

I sensori MOX (Metal Oxide Sensors) sono dispositivi progettati per rilevare la presenza di diversi gas nell'aria, tra cui i Composti Organici Volatili (VOC), il monossido di carbonio (CO), il biossido di azoto (NO_2), l'ammoniaca (NH_3) e altri gas pericolosi o inquinanti. La versatilità nella rilevazione di numerosi tipi di gas li rende utili in una vasta gamma di applicazioni. La tecnologia MOX si basa su semiconduttori di ossido metallico (tipicamente ossido di stagno, SnO_2 , oppure ossido di zinco, ZnO) che reagiscono chimicamente quando entrano in contatto con il gas target.

FASI:

1. Il gas target si adsorbe sulla superficie del sensore, dove interagisce con le molecole di ossigeno già presenti.
2. Questa interazione modifica la densità degli elettroni nel semiconduttore, alterando la conduttività elettrica del materiale.
3. La variazione di conduttività viene misurata come una variazione di resistenza elettrica.
4. Ogni gas induce una risposta unica nel sensore, permettendo di identificarlo (nei casi più avanzati, con algoritmi di calibrazione).

I sensori MOX richiedono il riscaldamento del semiconduttore a temperature elevate ($300\text{-}500^\circ\text{C}$) per attivare le reazioni chimiche, generalmente attraverso un elemento riscaldante integrato.

PRO

1. Sono tra i più economici in commercio (semplicità dei materiali e processo di produzione)
2. La tecnologia è facilmente miniaturizzabile.
3. Possono rilevare una vasta gamma di gas con una sola unità

CONTRO

1. Rispetto a spettroscopia a infrarossi o ai sensori elettrochimici, presentano una sensibilità e una selettività inferiori, con difficoltà a distinguere gas simili in ambienti complessi.
2. Risposta alterata da fattori esterni come temperatura, umidità o pressione atmosferica.
3. A causa della necessità di mantenere il semiconduttore a temperature elevate, il consumo energetico può risultare elevato, soprattutto per applicazioni a batteria.
4. Condizioni ambientali avverse o a concentrazioni elevate di gas può deteriorare la sensibilità del sensore nel tempo.

CAMPIONATORI A FILTRO PER PARTICOLATO

I campionatori a filtro per particolato sono dispositivi utilizzati per misurare la concentrazione e la composizione delle particelle sospese nell'aria. In particolare, si concentrano su:

PM2.5 (particolato con diametro aerodinamico $\leq 2,5 \mu\text{m}$)

PM10 (particolato con diametro aerodinamico $\leq 10 \mu\text{m}$)

Oltre alla concentrazione totale, i filtri consentono di analizzare la composizione chimica delle particelle, ad esempio la presenza di metalli pesanti, solfati, nitrati, carbonio organico o nero.. Permette studi di caratterizzazione delle particelle per scopi di ricerca o epidemiologia ambientale (ad esempio, correlazioni tra composizione del particolato e impatti sulla salute umana).

FASI:

1. L'aria ambientale viene aspirata attraverso un dispositivo che contiene un filtro. Il flusso d'aria è regolato per mantenere un campionamento rappresentativo e standardizzato.
2. Le particelle sospese nell'aria vengono trattenute sul filtro, che funge da superficie di raccolta. Il filtro è spesso costituito da materiali ad alta efficienza, come fibra di quarzo o membrana di teflon, in grado di catturare particelle di diverse dimensioni.
3. Una volta raccolto, il filtro viene inviato a un laboratorio per l'analisi. Qui, vengono determinate la massa totale di PM depositata tramite pesatura del filtro prima e dopo l'uso. La composizione chimica del particolato, utilizzando tecniche analitiche come la spettroscopia (ICP-MS, XRF) o la cromatografia.

PRO

1. un'analisi dettagliata del particolato, inclusa la determinazione della composizione chimica e delle sue fonti.
2. Utilizzato come standard di riferimento per verificare la qualità dell'aria e calibrare altri strumenti di misura, come i sensori automatici/ campionatori ad alta risoluzione temporale.

CONTRO

1. Non fornisce dati immediati sull'inquinamento atmosferico.
2. Necessita di attrezzature complesse e di personale specializzato in laboratorio, aumentando i costi e i tempi di elaborazione.
3. Può essere influenzato da fattori ambientali, come l'umidità, che potrebbe interferire con la raccolta o l'analisi delle particelle.
4. Richiede una gestione regolare, compreso il cambio frequente dei filtri e il trasporto sicuro al laboratorio per evitare contaminazioni.

TECNOLOGIA A FLUORESCENZA UV

La tecnologia a fluorescenza UV è utilizzata per misurare la concentrazione di ozono (O_3) nell'atmosfera e, in alcuni casi, altri gas in grado di emettere fluorescenza sotto esposizione alla radiazione ultravioletta. Grazie alla sua precisione e affidabilità, è uno degli strumenti principali per il monitoraggio ambientale professionale.

Il principio si basa sulla capacità di alcune molecole gassose, come l'ozono, di assorbire radiazioni ultraviolette e riemetterle sotto forma di luce visibile o ultravioletta (fluorescenza).

FASI:

1. Il campione d'aria viene esposto a una sorgente di radiazione UV calibrata.
2. Le molecole di ozono assorbono l'energia della radiazione UV e, dopo un breve intervallo, riemettono una parte di questa energia come luce fluorescente.
3. Un fotomoltiplicatore o un rivelatore di fluorescenza cattura la luce emessa, la cui intensità è proporzionale alla concentrazione di ozono nel campione. L'analisi dei dati permette di calcolare con precisione la quantità di ozono presente.

Questo metodo è altamente specifico per l'ozono, in quanto sfrutta lunghezze d'onda precise che vengono assorbite e riemesse esclusivamente da questa molecola.

PRO

1. è in grado di rilevare concentrazioni estremamente basse di ozono
2. La selettività per l'ozono riduce al minimo interferenze da parte di altri gas
3. È considerata uno standard di riferimento nei laboratori grazie alla sua accuratezza.

CONTRO

1. Sono strumenti complessi e richiedono componenti di alta qualità, come sorgenti UV stabili e rivelatori sensibili
2. costo elevato
3. Questa tecnologia è comunemente adottata in ambiti professionali
4. Strumenti così avanzati richiedono regolare manutenzione, calibrazioni frequenti e personale qualificato per garantire prestazioni ottimali.

TECNICHE OTTICHE AVANZATE : FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) e spettroscopia raman

Queste tecniche permettono di rilevare e quantificare numerosi tipi di composti chimici, sia in forma gassosa che particellare. Gas rilevabili : Gas serra: CO₂ (anidride carbonica), CH₄ (metano), N₂O (protossido di azoto); Composti organici volatili (VOC): idrocarburi, solventi e altri composti rilevanti nel controllo dell'inquinamento; Gas tossici: SO₂ (anidride solforosa), NH₃ (ammoniaca), H₂S (solfuro di idrogeno); In alcuni casi, queste tecniche possono anche fornire informazioni sulle particelle sospese nell'aria, analizzando eventuali interazioni con la luce

La spettroscopia FTIR utilizza la luce infrarossa per analizzare le proprietà chimiche di una sostanza. Il principio di base è l'interazione della radiazione IR con le molecole, che assorbono determinate lunghezze d'onda specifiche. Queste lunghezze d'onda corrispondono ai movimenti vibrazionali delle molecole (stretching, bending, torsioni, ecc.). La tecnica sfrutta un interferometro per separare la luce infrarossa nei suoi componenti spettrali. Viene generato uno spettro IR, che funge da "impronta digitale" della sostanza analizzata, consentendo di identificarla e quantificarla. FTIR è particolarmente utile per analisi multi-componente, permettendo di distinguere tra diversi gas presenti contemporaneamente.

La spettroscopia Raman si basa sull'effetto Raman, un fenomeno in cui una piccola frazione della luce laser incidente viene diffusa in modo inelastico dalle molecole. Questo cambiamento nella lunghezza d'onda della luce diffusa è legato alle vibrazioni molecolari uniche della sostanza analizzata. A differenza della FTIR, che misura l'assorbimento di luce, la spettroscopia Raman analizza la diffusione inelastica. La tecnica è ideale per identificare composti chimici difficili da analizzare con FTIR, come molecole simmetriche prive di

PRO

1. Entrambe le tecniche rilevano e quantificano simultaneamente diversi composti chimici in un unico campione, riducendo i tempi di analisi.
2. Sono in grado di misurare concentrazioni molto basse, anche a livello di parti per miliardo (ppb)-precisione estrema.

CONTRO

1. Le apparecchiature possono essere molto costose sia in termini di investimento iniziale che di manutenzione.
2. La complessità delle tecniche richiede personale altamente qualificato per l'installazione, l'interpretazione dei dati e la manutenzione del sistema.
3. In alcuni casi, la presenza di umidità, temperatura variabile o interferenze ottiche può influire sull'accuratezza delle misurazioni.
4. Anche se esistono versioni portatili di entrambe le tecniche, molti sistemi sono ancora ingombranti.

SENSORI ELETTROCHIMICI

Questi sensori sono progettati per rilevare una vasta gamma di gas, tra cui monossido di carbonio (CO), biossido di azoto (NO₂), ozono (O₃), biossido di zolfo (SO₂), composti organici volatili (VOC).. Il principio di funzionamento si basa sulla reazione chimica che avviene tra il gas da rilevare e un elettrodo all'interno del sensore. FASI:

1. Il gas passa attraverso una membrana permeabile e raggiunge l'elettrodo specifico. Qui avviene una reazione redox (ossidazione o riduzione).
2. La reazione chimica produce un flusso di elettroni, che si traduce in una corrente elettrica.
3. L'intensità della corrente generata è direttamente proporzionale alla concentrazione del gas presente. Questa corrente viene misurata e convertita in un segnale digitale interpretabile.

Alcuni sensori elettrochimici possono avere più elettrodi (ad esempio, un elettrodo di riferimento) per garantire una maggiore stabilità e precisione della misurazione.

PRO

1. Hanno dimensioni ridotte, facilmente integrati in dispositivi portatili
2. Ogni sensore è progettato per rilevare un gas specifico, riducendo la possibilità di interferenze da parte di altri composti.
3. Sono poco costosi (accessibili)

CONTRO

1. Non sempre sono in grado di rilevare concentrazioni molto basse di gas
2. Per mantenere accurate le misurazioni, è necessaria una calibrazione periodica.
3. La vita utile dei sensori è breve (da 1 a 3 anni), poiché la loro sensibilità tende a degradarsi nel tempo a causa delle reazioni chimiche all'interno.

SENSORI A INFRAROSSI (NDIR, Non-Dispersive Infrared)

I sensori NDIR sono utilizzati per misurare concentrazioni di gas assorbenti nella banda dell'infrarosso, come: CO₂ (anidride carbonica), CH₄ (metano) e altri gas come protossido di azoto (N₂O) e idrocarburi vari, che hanno specifici spettri di assorbimento infrarosso. Il principio di funzionamento dei sensori NDIR si basa sull'assorbimento selettivo della radiazione infrarossa da parte del gas target:

1. Un emettitore infrarosso genera un fascio di luce infrarossa che attraversa una camera contenente il campione d'aria da analizzare.
2. Il gas target assorbe una specifica lunghezza d'onda della luce infrarossa, caratteristica del suo spettro di assorbimento.
3. Un rilevatore posto dopo la camera misura la quantità di radiazione che non è stata assorbita. La differenza tra l'intensità della radiazione emessa e quella rilevata è proporzionale alla concentrazione del gas presente nella camera.
4. Vengono utilizzati filtri ottici per isolare le lunghezze d'onda specifiche legate al gas target, aumentando la precisione e riducendo le interferenze da altri gas o particelle.

PRO

1. I PID possono rilevare VOC a livelli estremamente bassi (fino a pochi ppb),
2. Offrono un tempo di risposta rapido, permettendo misurazioni in tempo reale.

CONTRO

1. Il PID misura una concentrazione complessiva di VOC ma non distingue tra i diversi composti presenti.
2. È spesso necessario uno strumento complementare, come uno spettrometro di massa o un gascromatografo, per l'identificazione specifica.
3. L'umidità e altre sostanze chimiche possono influire sulla precisione della misura.
3. L'acquisto e la manutenzione (ad esempio, sostituzione della lampada UV) possono essere onerosi.
4. La lampada si consuma nel tempo, perdendo efficacia e richiedendo sostituzioni periodiche.

FOTOIONIZZAZIONE (PID, Photoionization Detector)

Un Photoionization Detector (PID) è uno strumento utilizzato per rilevare e quantificare Composti Organici Volatili (VOC) e altri gas con un basso potenziale di ionizzazione. Tra i composti comunemente rilevati troviamo formaldeide, benzene, toluene, xilene e molti solventi industriali. Il PID è particolarmente utile per misurare concentrazioni di VOC sia in tracce (livelli molto bassi) che più elevate, rendendolo indispensabile in vari campi applicativi. Il cuore del funzionamento del PID è una lampada UV (generalmente con lunghezze d'onda tipiche di 10,6 eV o 11,7 eV) che emette fotoni ad alta energia. Questi fotoni interagiscono con le molecole dei VOC, eccitandole e rimuovendo uno o più elettroni. Questo processo genera ioni positivi e negativi, creando una corrente elettrica. La corrente prodotta è direttamente proporzionale alla concentrazione dei VOC nel campione d'aria analizzato. La misura è generalmente espressa in parti per milione (ppm) o parti per miliardo (ppb). Tuttavia, non tutti i composti possono essere rilevati: il PID funziona solo con sostanze il cui potenziale di ionizzazione è inferiore all'energia dei fotoni della lampada UV. Ad esempio, composti come il metano o l'ossigeno non vengono ionizzati e, quindi, non possono essere rilevati.

PRO

1. I sensori garantiscono misurazioni accurate, anche a basse concentrazioni di gas.
2. Non sono soggetti a deriva significativa, il che li rende ideali per applicazioni a lungo termine.
3. Resistenza alle interferenze di altri gas, grazie alla selettività delle lunghezze d'onda.

CONTRO

1. La tecnologia e i materiali (lenti, filtri e sorgenti IR) rendono questi sensori più costosi rispetto ad altre soluzioni, come i sensori elettrochimici.
2. I componenti ottici, inclusa la camera di misura e l'emettitore IR, richiedono spazio maggiore, limitando l'uso in dispositivi portatili o compatti.
3. Polvere, umidità e altre particelle nell'aria possono interferire con il percorso ottico, riducendo l'accuratezza.



CAPITOLO 6

IL GIOIELLO CONTEMPORANEO

L'EVOLUZIONE DEL GIOIELLO NELLA STORIA E NEL DESIGN CONTEMPORANEO

Il gioiello ha attraversato un lungo percorso evolutivo, riflettendo le culture, le innovazioni tecniche e i cambiamenti sociali delle varie epoche. Fin dalle civiltà antiche, gli ornamenti hanno avuto un valore simbolico e funzionale, diventando espressione di status, potere, protezione e bellezza.

ANTICHITA'

I primi gioielli risalgono al Paleolitico superiore, realizzati con materiali naturali come conchiglie, ossa e pietre. Nell'Antico Egitto, i monili erano ricchi di significati religiosi e mistici, spesso in oro e arricchiti con pietre preziose come lapislazzuli e turchesi. La civiltà greca sviluppò il gioiello come espressione estetica, ispirata alla mitologia e alla natura. Nell'Impero Romano si diffuse l'uso di gemme intagliate e anelli sigillo, spesso utilizzati per scopi amministrativi e politici.

MEDIOEVO E RINASCIMENTO

Nel Medioevo, il gioiello fu influenzato dalla religione e dalla gerarchia sociale, con amuleti e reliquiari decorati con smalti e pietre preziose. Durante il Rinascimento, l'arte orafa raggiunse nuovi livelli di raffinatezza, con gioielli ispirati alle scoperte artistiche dell'epoca e ai nuovi commerci globali.

ETA' MODERNA E CONTEMPORANEA

Nel Barocco e nel Rococò, i gioielli divennero più elaborati, con ornamenti complessi e l'uso di perle e diamanti. Il XIX secolo vide l'affermarsi dello stile vittoriano, con motivi floreali, simbolici e sentimentali. Con l'Art Nouveau, si affermò un'estetica fluida e organica, con l'uso di smalti colorati e materiali innovativi come la madreperla. Il periodo Art Déco (anni '20-'30) introdusse un design geometrico e stilizzato, con l'uso di platino e combinazioni di pietre preziose.

GIOIELLO CONTEMPORANEO

Nel XX e XXI secolo, il design del gioiello è stato influenzato da nuove tecnologie, materiali innovativi e una maggiore sperimentazione artistica. I gioielli moderni spesso abbandonano l'opulenza per linee essenziali e materiali non convenzionali come titanio, ceramica e plastica. L'uso della stampa 3D e di materiali riciclati ha aperto nuove possibilità creative e ha risposto alle crescenti esigenze di sostenibilità ambientale. I gioielli contemporanei sono sempre più personalizzabili e interattivi, grazie all'incorporazione di elementi digitali, sensori e design modulare. La globalizzazione ha portato a una fusione di stili e tecniche, con influenze che spaziano dalle tradizioni artigianali ai trend del fashion design.



IL GIOIELLO COME STRUMENTO DI INNOVAZIONE: dal gioiello statico a interattivo

La gioielleria, tradizionalmente associata a materiali preziosi e design estetico, ha subito una profonda trasformazione grazie all'innovazione tecnologica, spostando il gioiello da essere considerato un semplice oggetto decorativo a un elemento dinamico e interattivo. Le tecnologie di produzione avanzate, come la stampa 3D, hanno rivoluzionato il settore, consentendo la realizzazione di gioielli con geometrie complesse e dettagli impossibili da ottenere con metodi tradizionali. Questo approccio ha permesso ai designer di sperimentare nuove forme e strutture, riducendo al contempo sprechi e costi di produzione. Inoltre, l'introduzione di materiali innovativi, come il titanio, la ceramica hi-tech e i polimeri conduttivi, ha ampliato le possibilità creative e funzionali della gioielleria. Grazie all'integrazione di sensori, microchip e componenti elettronici, il gioiello non è più un elemento statico, ma diventa un dispositivo interattivo. Questa evoluzione ha portato alla creazione di gioielli che cambiano colore in base alla temperatura corporea, che emettono vibrazioni per notifiche o che si illuminano in risposta a determinati stimoli ambientali.

IL CONCETTO DI SMART JEWELRY

L'avvento della tecnologia indossabile ha dato vita al concetto di "Smart Jewelry", una nuova categoria di gioielli che combina design e digitalità. Lo Smart Jewelry è un tipo di gioiello tecnologico che integra funzionalità intelligenti grazie a microprocessori, sensori biometrici e connettività wireless. Questi dispositivi possono monitorare parametri vitali, fungere da assistenti digitali o interfacciarsi con altri dispositivi tecnologici, come smartphone e smartwatch. Questi gioielli non solo migliorano la qualità della vita, ma trasformano l'accessorio in un vero e proprio strumento di innovazione personale. Nonostante le numerose potenzialità offerte, emergono alcune criticità legate alla sicurezza e alla gestione dei dati personali. Molti di questi dispositivi raccolgono informazioni sensibili come la posizione geografica, i parametri biometrici e le abitudini quotidiane dell'utente e la gestione impropria di questi dati potrebbe esporre gli utenti a rischi di violazione della privacy, tracciamento non autorizzato e attacchi informatici. Per mitigare i rischi legati alla raccolta e all'uso dei dati personali, le aziende produttrici devono adottare rigorose misure di sicurezza, tra cui protezione delle informazioni tramite algoritmi avanzati per impedire accessi non autorizzati, implementazione di autenticazione biometrica o a due fattori per garantire che solo l'utente autorizzato possa accedere ai dati, integrazione di protocolli di sicurezza fin dalla progettazione del dispositivo e fornire agli utenti un chiaro controllo sulle informazioni raccolte e sulle loro modalità di utilizzo. L'uso della blockchain nel settore della gioielleria rappresenta una delle innovazioni più rivoluzionarie. Questa tecnologia consente di registrare ogni fase della filiera produttiva in un database decentralizzato e immutabile, garantendo trasparenza e autenticità. Ogni gioiello può essere dotato di un codice univoco che ne certifica l'origine e il percorso dalla miniera fino al consumatore finale. La blockchain aiuta a combattere il commercio di diamanti e metalli estratti illegalmente, garantendo che i materiali utilizzati siano eticamente responsabili. Alcuni gioiellieri stanno esplorando l'uso di NFT (Non-Fungible Tokens) per creare versioni digitali dei loro pezzi, consentendo ai clienti di possedere sia il gioiello fisico che una sua rappresentazione digitale unica.





IL VALORE SIMBOLICO E SOCIALE DEL GIOIELLO NELL'ERA DIGITALE

L'integrazione tra gioielleria e biotecnologie sta dando vita a una nuova categoria di gioielli che si fondono con il corpo umano, trasformandosi in veri e propri impianti cibernetici. Vengono progettati gioielli biometrici per monitorare parametri vitali come la frequenza cardiaca, il livello di ossigeno nel sangue e la temperatura corporea, ma si stanno anche sperimentando materiali bio-compatibili e auto-rigeneranti ossia materiali intelligenti, come idrogel conduttivi o metalli a memoria di forma, che stanno permettendo la creazione di gioielli che si adattano alla fisiologia umana. Perciò l'introduzione di gioielli tecnologici sta trasformando il modo in cui le persone percepiscono e utilizzano questi accessori nella loro vita quotidiana. I gioielli smart diventano una proiezione dell'identità personale, sono dispositivi che possono facilitare nuove modalità di comunicazione, come gioielli che vibrano per notifiche personalizzate o che cambiano colore in base alle emozioni dell'utente. Nonostante l'innovazione tecnologica, il significato culturale e simbolico dei gioielli rimane centrale. Nell'era digitale, i gioielli non sono solo ornamenti, ma diventano strumenti di connessione e memoria: anelli e ciondoli possono contenere messaggi incisi digitalmente, luci LED che rispondono al tocco o materiali che cambiano colore in base all'umore, nuove tecnologie permettono di incorporare chip con foto, video o messaggi vocali nei gioielli, trasformandoli in oggetti di memoria tramandabili di generazione in generazione. Mentre il concetto di lusso si evolve, alcuni gioiellieri stanno creando pezzi che esistono sia nel mondo fisico che nel metaverso, permettendo di indossare gioielli virtuali anche negli ambienti digitali.



WEARABLE JEWELRY E I SETTORI DI APPLICAZIONE

1. GIOIELLI PER LA SALUTE E IL BENESSERE

I gioielli intelligenti dedicati alla salute e al fitness permettono di monitorare vari parametri biometrici, contribuendo a uno stile di vita più consapevole. Alcuni esempi includono:
Anelli biometrici (es. Oura Ring) che monitorano la qualità del sonno, frequenza cardiaca e la temperatura corporea.
Bracciali fitness che registrano attività fisica, consumo calorico e livelli di stress.
Gioielli con elettrodi integrati, progettati per l'ECG e il monitoraggio della pressione sanguigna.

2. GIOIELLI INTERATTIVI E COMUNICAZIONE DIGITALE

Questa tipologia di wearable jewelry consente agli utenti di rimanere connessi con i propri dispositivi mobili e interagire con il mondo digitale. Alcuni esempi includono anelli smart che notificano chiamate, messaggi e email tramite vibrazioni o luci LED, oppure orecchini e bracciali con connettività Bluetooth utilizzati per il controllo della musica, assistenti vocali...Collane e ciondoli con display touch che permettono di visualizzare notifiche o interagire con le app dello smartphone o gioielli con tecnologia NFC, impiegati per condividere informazioni digitali o eseguire pagamenti sicuri.

2. GIOIELLI PER LA SICUREZZA

Questa categoria comprende accessori dotati di funzionalità per la protezione personale e il tracciamento GPS. I dispositivi più comuni includono anelli e bracciali con pulsante SOS che permettono di inviare una richiesta di aiuto tramite connessione Bluetooth o GSM, oppure collane con GPS utilizzate per il tracciamento di bambini, anziani o persone con esigenze speciali. Oppure ci sono braccialetti anti-aggressione che sono dotati di allarmi sonori ...



braccialetto marca YXJ per la misurazione della frequenza cardiaca/pressione sanguigna e emergenza



prototipo bracciale anti aggressione EVE

FASI EVOLUTIVE E SVILUPPO DEL CONCETTO DI WEARABLE TECHNOLOGY

Le prime forme di wearable technology risalgono agli anni '60, con esperimenti pionieristici nel campo della cibernetica e della biometria. Tuttavia, è con l'avvento degli smartphone e dell'Internet of Things (IoT) che questi dispositivi hanno guadagnato popolarità, grazie alla possibilità di connettersi in tempo reale ad altri device e piattaforme digitali. Il wearable non deve solo funzionare, ma deve anche essere confortevole e desiderabile dal punto di vista estetico, senza compromettere l'esperienza dell'utente. Questa integrazione ha portato alla collaborazione tra stilisti, ingegneri e designer industriali per creare dispositivi che siano sia performanti sia eleganti. Marchi di lusso come Louis Vuitton e Prada hanno iniziato a integrare la tecnologia nei loro accessori, mentre aziende tecnologiche come Apple e Samsung hanno investito in materiali premium e design raffinati per rendere i loro dispositivi indossabili più attraenti.

Fase Iniziale: dispositivi basati principalmente sulla funzionalità (es. primi smartwatch e braccialetti fitness con design rudimentale).

Fase di Integrazione: maggiore attenzione al design, materiali innovativi e collaborazione con il settore della moda.

Fase Attuale: unione di ergonomia, tecnologia e design, con focus sulla personalizzazione dell'esperienza utente.

Quindi il design gioca un ruolo fondamentale nel successo dei wearable. Elementi come il peso, i materiali e la modalità di interazione (touchscreen, comandi vocali, gesture) influenzano l'accettazione da parte del pubblico. L'uso di forme minimaliste e materiali premium (ceramica, titanio, pelle, vetro zaffiro) ha reso i wearable sempre più simili a accessori di lusso, ampliando il target di riferimento. La stampa 3D sta rivoluzionando il settore della gioielleria, permettendo la creazione di pezzi unici e altamente personalizzati.: marchi come Cartier e Bulgari stanno già esplorando l'uso della stampa 3D per creare collezioni esclusive.



DNANudge: wearable che permette di scansionare il codice a barre di un prodotto alimentare e ti dice se il cibo è adatto a te in base all'analisi genetica

MATERIALI INNOVATIVI NEL GIOIELLO TECNOLOGICO

L'uso di polimeri avanzati sta rivoluzionando il design dei gioielli. Materiali come il PEEK (polyether ether ketone) e le resine fotopolimeriche permettono di creare pezzi ultra-leggeri ma resistenti, ideali per applicazioni in gioielleria high-tech.

Le leghe a memoria di forma (Shape Memory Alloys, SMA) come il nitinol (nichel-titanio) sono in grado di ritornare alla loro forma originale se sottoposte a una determinata temperatura (gioielli dinamici e adattabili). Alcuni ricercatori stanno anche sperimentando leghe superconduttrici che potrebbero integrare funzioni elettroniche avanzate, come il trasferimento di energia senza fili o la rilevazione di parametri biometrici.

La gioielleria sta evolvendo anche dal punto di vista della sostenibilità, con un crescente impiego di pietre sintetiche e materiali riciclati. I cristalli, come quelli creati con tecniche avanzate di laboratorio, offrono la stessa brillantezza delle gemme naturali ma con un impatto ambientale molto ridotto.

I materiali riciclati, come l'oro proveniente dal recupero di dispositivi elettronici, stanno guadagnando popolarità nel settore della gioielleria sostenibile. Inoltre, nuovi materiali biodegradabili, come bioplastiche derivate da alghe o amidi vegetali, permettono di creare gioielli con un ciclo di vita completamente eco-compatibile.





DIMENSIONAMENTO GIOIELLO (focus collane)

La corretta proporzione e misura di un gioiello non solo assicurano comfort e vestibilità, ma contribuiscono all'impatto estetico e alla valorizzazione di chi lo indossa. Il peso del materiale influisce sul comfort e sulla percezione del gioiello. Le collane possono avere strutture rigide o morbide: una maglia morbida offre maggiore adattabilità e comfort, mentre una struttura rigida può risultare più elegante ma meno confortevole, soprattutto per un utilizzo prolungato. Maglie più spesse e compatte garantiscono maggiore durabilità, mentre maglie sottili e leggere possono risultare più delicate e più soggette a deformazioni. Le misure più comuni per una collana variano tra i 40 cm (girocollo) e i 90 cm. Un collo lungo e sottile si presta a collane più corte, mentre un collo più robusto richiede lunghezze maggiori per un effetto armonico e bilanciato. Il meccanismo di chiusura deve garantire sicurezza e facilità di utilizzo in base al tipo di gioiello e alla sua destinazione d'uso (moschettone- pratico per un utilizzo quotidiano, chiusura a cassetta-ideale per collane di pregio, chiusura magnetica-consigliata per chi cerca massima facilità d'uso). Il gioiello non deve sovrastare chi lo indossa, ma esaltarne i lineamenti perciò le collane devono essere proporzionate alla statura e alla corporatura: un design modulabile o regolabile permette di adattare il gioiello a diverse occasioni d'uso, ampliando le possibilità di personalizzazione.

Le collane sono disponibili in diverse lunghezze standard, ognuna adatta a diversi scopi e tipi di abbigliamento:
Choker (35-40 cm): adatto a colli sottili, si posiziona intorno alla base del collo.
Princess (45-50 cm): lunghezza classica, si adatta a molte scollature.

ERGONOMIA E COMFORT DEL GIOIELLO

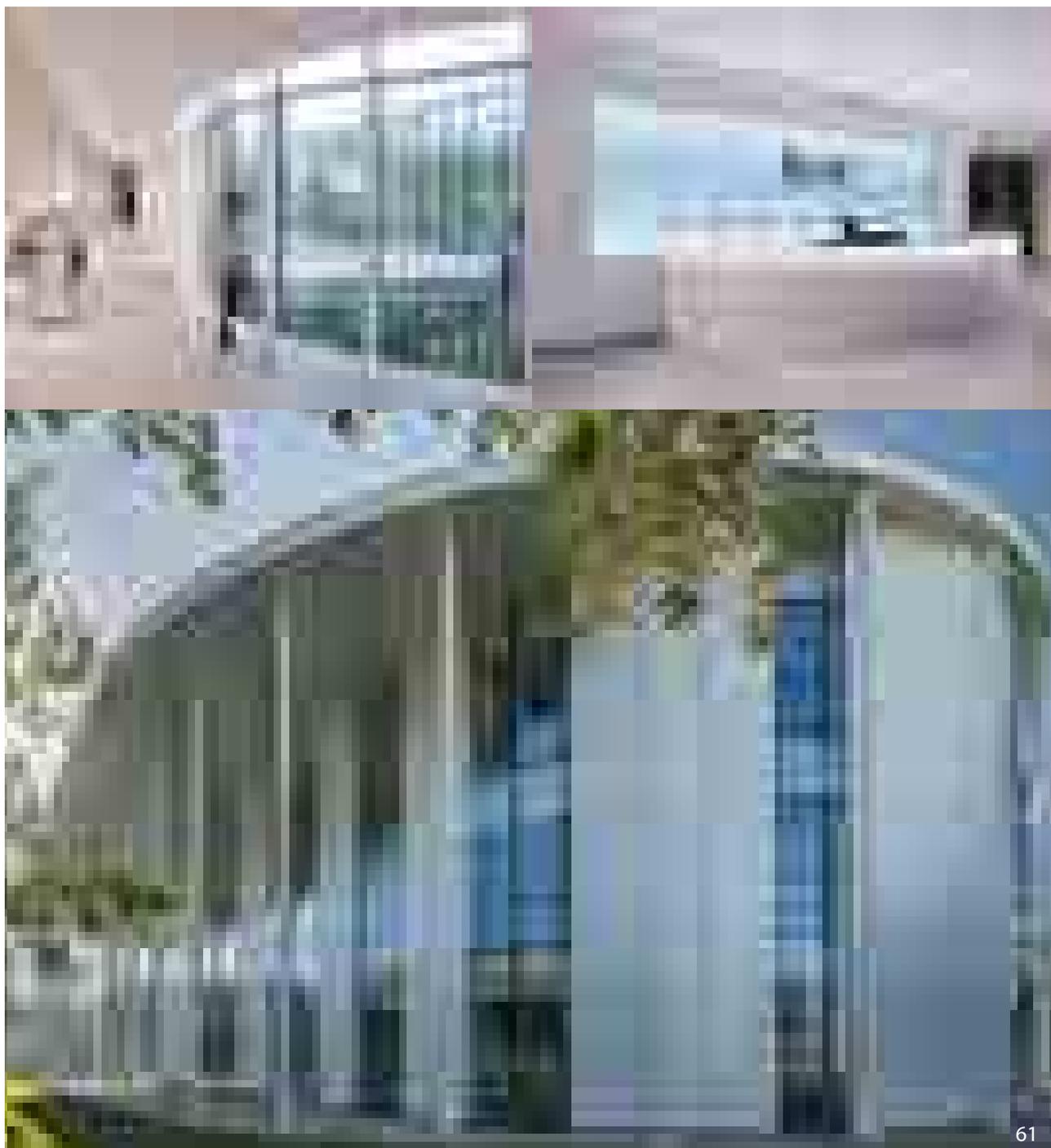
Un gioiello ben progettato deve essere in grado di garantire un'esperienza di utilizzo senza interruzioni nelle attività quotidiane e una totale integrazione con lo stile di vita dell'utente. L'indossabilità è una delle considerazioni primarie nella progettazione di un gioiello, che deve adattarsi in modo ottimale al corpo umano. Un design ergonomico deve garantire che il gioiello non diventi un peso fisico, minimizzando qualsiasi tipo di fastidio o pressione. L'approccio ergonomico implica anche la creazione di superfici lisce e prive di angoli acuti, riducendo il rischio di frizioni sgradevoli contro la pelle. La scelta dei materiali deve garantire e prevenire problematiche cutanee: un gioiello, essendo spesso indossato per periodi prolungati, deve essere realizzato con materiali ipoallergenici, che riducono al minimo il rischio di irritazioni o allergie. Materiali come l'acciaio inossidabile, il titanio e leghe di metalli preziosi trattati (ad esempio, oro e platino rivestiti) sono indicati per la loro biocompatibilità e resistenza.

Il cuore tecnologico dei gioielli smart risiede nei sensori (il peso quindi deve essere bilanciato) e la posizione di questi devono essere tale da ottimizzare le letture, evitando interferenze da polvere e altre influenze esterne. L'autonomia della batteria è un aspetto determinante per garantire che l'utente non debba preoccuparsi di ricaricare il dispositivo frequentemente, specialmente durante l'uso continuativo. Un altro elemento cruciale per garantire il comfort dell'utente è la sicurezza delle onde elettromagnetiche emesse dal dispositivo. I progettisti devono adottare soluzioni tecnologiche per ridurre al minimo la radiazione, utilizzando componenti a bassa emissione o schermando i dispositivi. La regolabilità è una delle caratteristiche più importanti, poiché consente al dispositivo di adattarsi facilmente alle diverse morfologie del corpo. Un bracciale, una collana o un anello devono essere facilmente regolabili per garantire che l'utente possa personalizzare la vestibilità in base alle proprie esigenze.



COLLABORAZIONE CON AZIENDA BROS MANIFATTURE

Il progetto nasce dalla collaborazione con l'azienda Bros Manifatture, una delle aziende italiane più affermate nel settore della gioielleria. Fondata nelle Marche (con sede a Montegiorgio-Fermo), questa azienda ha una forte vocazione internazionale, che ha saputo conquistare il mercato grazie alla sua capacità di anticipare le tendenze. Questa collaborazione nasce con l'obiettivo di creare un accessorio che non sia solo un elemento di stile, ma che integri una funzione di protezione e prevenzione per la salute, ridefinendo il concetto stesso di gioiello. L'integrazione tra design e tecnologia rappresenta un passo significativo per il settore, dimostrando come la gioielleria possa evolversi per rispondere a esigenze più ampie, come il benessere e la sicurezza personale. Questa azienda, da sempre attenta all'innovazione, porta in questa collaborazione la sua esperienza nella selezione di materiali e nella sperimentazione di nuove soluzioni estetico-funzionali: l'idea di creare un accessorio che non si limita ad adornare, ma che offre un valore aggiunto tangibile nella vita quotidiana. Il futuro della gioielleria non risiede più solo nella bellezza estetica, ma nella capacità di migliorare concretamente il benessere delle persone, rendendo gli accessori preziosi alleati nella gestione delle sfide quotidiane. Questa partnership rappresenta solo l'inizio di un percorso di innovazione che potrebbe trasformare il settore, aprendo le porte a nuove soluzioni in cui moda, tecnologia e benessere si fondono in un'unica, straordinaria esperienza.



Bros Manifatture è un'azienda italiana fondata nel 1979 da Lanfranco Beleggia. Nata come creatrice e produttrice di cinturini per orologi, l'azienda ha rapidamente evoluto la propria offerta, trasformandosi in un gruppo leader nel settore dei gioielli. L'azienda si è consolidata negli anni una presenza capillare sia in Italia che all'estero. Grazie a una rete distributiva ben strutturata, i marchi del gruppo sono disponibili in numerosi punti vendita multimarca, gioiellerie, negozi monomarca e attraverso piattaforme di e-commerce. L'azienda è particolarmente attiva nei mercati europei, ma sta ampliando la propria influenza anche in Asia e in America, puntando su partnership strategiche e partecipando alle principali fiere internazionali del settore.

Bros Manifatture oggi includono 4 brand, ciascuno con una propria identità distintiva e un posizionamento mirato nel mercato:

Brosway: Rappresenta il marchio di punta del gruppo, noto per il suo design moderno e accessibile. Brosway propone gioielli trendy e alla moda, con collezioni che si rinnovano costantemente per rispondere alle ultime tendenze. L'offerta include una vasta gamma di prodotti per uomo e donna realizzati sia in acciaio che argento.

S'Agapō: Dedicato a un pubblico giovane, si distingue per il suo spirito giocoso. Le sue collezioni sono caratterizzate da un design colorato con gioielli che spesso incorporano simboli, frasi e elementi divertenti. Il marchio punta su un prezzo accessibile, rendendo il gioiello un accessorio alla portata di tutti e perfetto per ogni occasione.

Rosato: celebra la femminilità attraverso gioielli che raccontano storie. Ogni collezione è un viaggio emozionale, ispirato ai ricordi, agli affetti e ai momenti speciali della vita. I gioielli Rosato sono realizzati con materiali preziosi, tra cui oro e argento, spesso arricchiti da dettagli smaltati e pietre naturali, per creare pezzi dal forte valore simbolico ed estetico.

Pianegonda: Questo brand rappresenta il lato più audace e sofisticato di Bros Manifatture. Specializzato in gioielli di lusso in argento, questo marchio propone creazioni dal design scultoreo e innovativo.

Astuccificio Dhiva: Oltre ai gioielli, Bros Manifatture offre anche soluzioni per astucci e packaging attraverso Astuccificio Dhiva. L'azienda fornisce confezioni eleganti e funzionali, contribuendo a valorizzare ulteriormente il prodotto finito e a migliorare l'esperienza del cliente.



CAPITOLO 7

STATO DELL'ARTE E LE NUOVE FRONTIERE DEL DESIGN TECNOLOGICO



PAOLA E I SUOI GIOIELLI HIGH TECH: LA DESIGNER DELLA TRASPARENZA

Paola è molto più di una semplice creatrice di gioielli: è un'artista della materia e un'alchimista del design. Membro dell'Associazione Italiana di Gioielleria Contemporanea, realizza a mano pezzi unici pensati per donne moderne, libere e consapevoli della propria identità. Le sue creazioni hanno conquistato non solo una clientela affezionata, ma anche l'attenzione di professionisti del settore, affermandosi come vere e proprie opere di design contemporaneo.

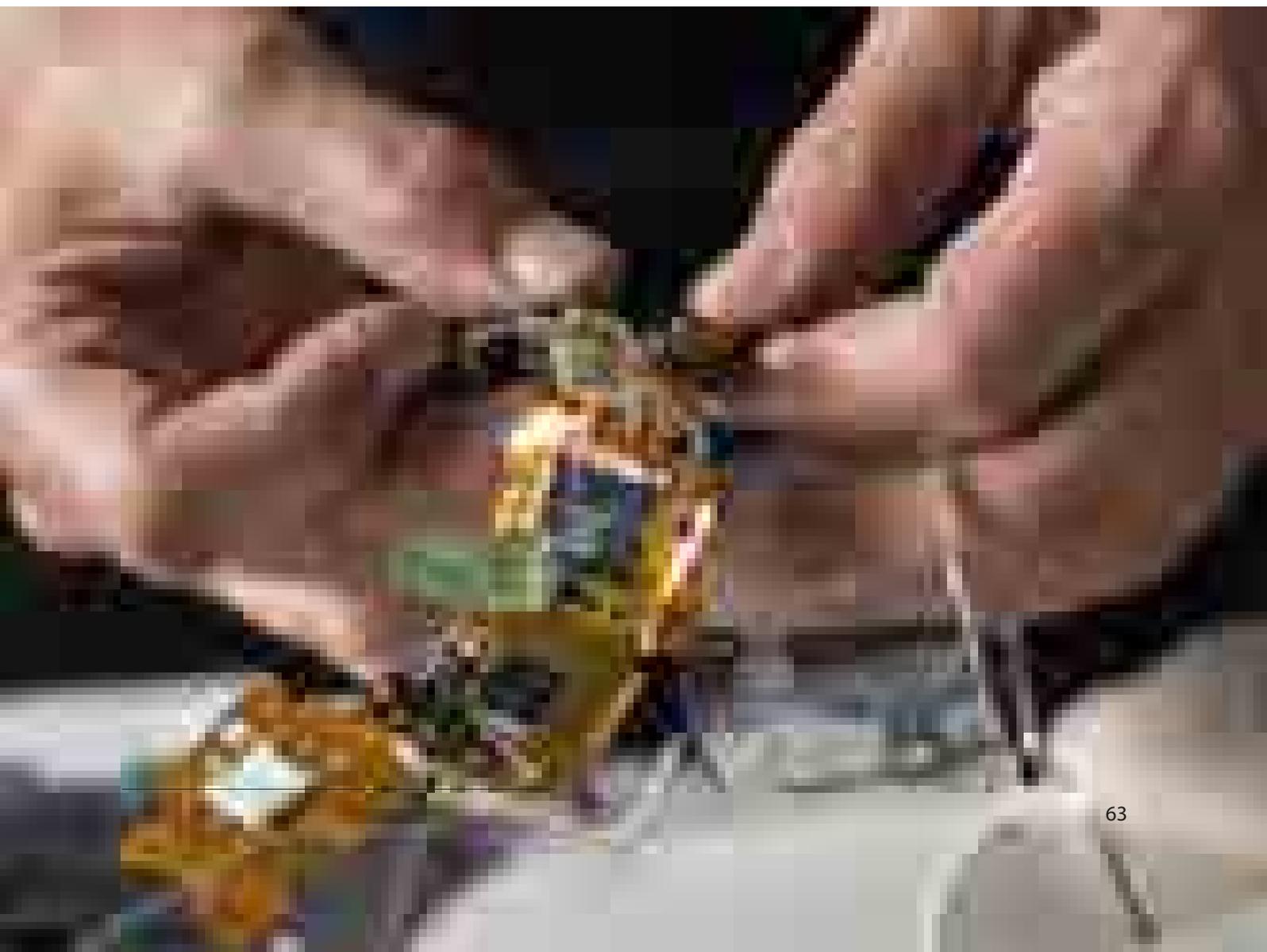
I suoi gioielli non assomigliano a nulla che possiate trovare altrove, e ci sono due motivi fondamentali per questo. Il primo è che ogni singolo pezzo nasce interamente dalle sue mani: "Assolutamente tutto, dallo stampo al pezzo finito, è frutto del mio lavoro artigianale". Un processo che non conosce scorciatoie né compromessi, e che testimonia una dedizione rara nel panorama odierno.

Ma ciò che rende davvero inimitabili le sue creazioni è la materia stessa con cui sono realizzate. Dopo cinque anni di ricerca, esperimenti e intuizioni, Paola ha sviluppato un materiale innovativo e sorprendente: un polimero esclusivo che ha battezzato "orotrasparente". Leggerissimo, quasi impalpabile, è trasparente come l'acqua e resistente come pochi altri materiali. Non ingiallisce nel tempo, né si altera a contatto con agenti chimici, mantenendo intatta la sua luminosità anche dopo anni.

La scelta di creare questo materiale non è nata per caso, ma da una precisa esigenza creativa: Paola cercava qualcosa che fosse allo stesso tempo pratico e poetico, solido ma leggero, moderno ma capace di evocare emozioni. E così ha dato vita a un linguaggio estetico tutto suo, in cui tecnologia e sensibilità si incontrano in un perfetto equilibrio.

Non sorprende, dunque, che nei circoli più creativi e bohémien, Paola sia conosciuta come "la designer della trasparenza": un titolo che racconta non solo la natura dei suoi materiali, ma anche quella del suo approccio sincero, visionario e profondamente personale al mondo del gioiello contemporaneo.

<https://www.italianstories.it/blog/paola-e-i-suoi-gioielli-high-tech-la-designer-della-trasparenza/>



CASI STUDIO GIOIELLI TECNOLOGICI

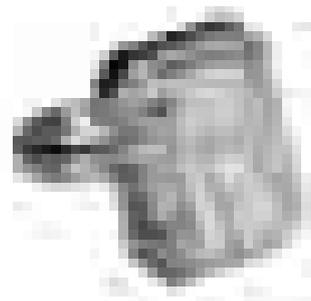
Bellabeat Leaf Nature Tracker

Bellabeat Leaf Nature Tracker è un monile a forma di foglia che monitora il sonno, tiene traccia dei movimenti del corpo durante il giorno, calcola le calorie bruciate e la distanza percorsa quotidianamente. Dà anche informazioni sulla salute a livello riproduttivo tenendo traccia del ciclo mestruale. In legno e acciaio inox, si collega tramite l'app dedicata allo smartphone e dispone di due supporti che rendono il gioiello un ciوندolo da appendere al collo oppure un bracciale. Prezzo: 129,99 dollari



Ringly Luxe

Ringly Luxe è uno degli anelli creati da Ringly, il marchio specializzato in gioielleria smart che propone bracciali e affini. Questo anello traccia le attività motorie di chi lo indossa e segnala l'arrivo di notifiche sul cellulare tramite vibrazioni e illuminazioni apposite. Si connette con oltre 200 app, basta utilizzare l'applicazione dedicata per sincronizzare l'anello al proprio smartphone. Prezzo: 165 dollari



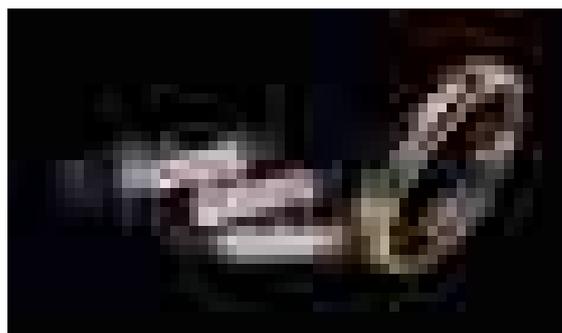
Joule Smart Earrings

Nel panorama di gioielli smart, abbondano anelli e bracciali mentre scarseggiano gli orecchini. Chiunque sia alla ricerca di questo tipo di accessorio, declinarlo in versione hi-tech, può andare sul sicuro scegliendo i Joule Smart Earrings. Questi orecchini sono in grado di calcolare le calorie bruciate giornalmente, tengono traccia dei movimenti e stilano un diario delle attività fisiche. Prezzo: 120 dollari



Bracciale Smart Barakà

Il bracciale Smart Barakà è il gioiello tecnologico da uomo (ma anche unisex, perché no?) che permette tante funzionalità dedicate al mondo business e fitness. Ad esempio, impostando gli indici di interesse, il bracciale vibrerà se gli indici di Borsa prescelti superano le soglie impostate. E con un semplice movimento della mano sarà possibile rendere più interattiva ogni presentazione in Powerpoint, scorrendo le slide, ingrandendo un particolare e leggendo un grafico. Conta i passi e le calorie bruciate dopo ogni riunione importante. Perfetto per boss della finanza e donne in carriera.



Smartwatch di Kate Spade

Lo Smartwatch di Kate Spade è un orologio smart con schermo touchscreen da collegare al proprio cellulare per avere notifiche a portata di mano (anzi: di polso). Piace molto alle signore perché, oltre a essere tech, è anche molto glamour. Compatibile con sistemi iOS e Android. Prezzo: 359 euro



Motiv Ring

Motiv è l'anello intelligente che monitora il sonno, tiene traccia dei movimenti e dell'attività fisica e rende più sicura la navigazione online. Indossandolo e accedendo al web, infatti, questo accessorio proteggerà efficacemente l'identità digitale. Dotato di sensore ottico e di un design elegantemente essenziale, è disponibile in tre colori. Prezzo: 199 dollari



Fitbit Alta con cinturino intercambiabile Axis

Il Fitbit Alta è il bracciale smart che monitora il quadro generale di salute dell'utente che lo indossa. Per renderlo più elegante, la Fitbit ha collaborato con i designer della Public School di New York per dotare il bracciale di un supporto in acciaio inox che ricorda gli orologi tradizionali molto lussuosi. Prezzo: bracciale FitBit Alta a 99,95 dollari + cinturino Axis a 295 dollari



Senstone

Senstone è un monile smart da attaccare a tre diversi tipi di supporto che lo trasformano in una spilla, in un bracciale o in un ciondolo. Lanciato su Indiegogo come "assistente vocale portatile", si tratta di un accessorio che trascrive ciò che pronuncia chi lo indossa. Trasmette i dati velocemente via bluetooth e funziona in 12 lingue. Prezzo: 145 dollari



Misfit Swarovski Sport

Il Misfit Swarovski Sport è il braccialetto tecnologico che ha un cristallo di Swarovski incastonato. Tiene traccia dei passi, delle calorie bruciate, delle distanze coperte e monitora il sonno offrendo consigli per ottimizzare il riposo. Prezzo: 99.99 dollari



Nimb Smart Ring

Nimb è lo smart ring con un bottone anti-panico. Appena lo si schiaccia, i contatti dello smartphone precedentemente salvati come contatti d'emergenza verranno immediatamente avvertiti circa il pericolo che si sta correndo. Insomma, un salvavita Beghelli bello da indossare e molto hi-tech. Prezzo: 99 dollari



Joule – orecchini intelligenti per il monitoraggio del fitness

Il dispositivo può monitorare la frequenza cardiaca, le calorie bruciate e il livello di attività (proprio come un normale fitness tracker), ma è molto più discreto di quelli che normalmente indossi al polso. Il dispositivo è dotato di una custodia di ricarica e si collega a un'app tramite Bluetooth.



Callie – braccialetto di sicurezza intelligente

Il Callie Bracelet è descritto sinteticamente come un "allarme antipanico intelligente abilmente camuffato da gioiello di lusso". Il braccialetto si collega tramite Bluetooth alla famosa app di sicurezza personale di Callie ed è composto da una fascia in metallo prezioso e da un ciondolo rivestito in metallo che nasconde la tecnologia sottostante. Quando il braccialetto viene toccato, attiva uno 'smart-alert' tramite l'app Callie; notificando i 'guardiani' scelti dall'utente che possono vedere la posizione live dell'utente in tempo reale. Gli utenti possono anche impostarlo in modo che un tocco invii un avviso ai partner di sicurezza 24/7 di Callie, ADT, che gestiranno l'emergenza. Il braccialetto è progettato per essere splendidamente minimale, così da potersi adattare a qualsiasi stile.



Oura – anello intelligente per il sonno e la salute delle donne

Gli anelli intelligenti di Oura monitorano Sonno, Attività e Fitness, Prontezza, Stress, Salute del cuore e Salute delle donne. Come per la maggior parte di queste opzioni, gli anelli si collegano a un'app dedicata.. Gli anelli sono realizzati in titanio e vantano una batteria con durata di 7 giorni prima di dover essere ricaricata.



The Touch Locket – collana che condivide il battito cardiaco

The Touch Locket consente agli utenti di "condividere il proprio battito cardiaco" con i propri cari tramite la collana intelligente e un'app associata. A differenza delle altre opzioni qui, non ci sono offerte per la salute o la sicurezza, solo un nuovo, originale modo di connettersi. Il battito cardiaco viene effettivamente tracciato tramite lo smartphone dell'utente, ma premendo la collana la persona cara può sentire quel battito cardiaco sul petto in qualsiasi momento. Obiettivo: sentire il battito del cuore della persona amata, ovunque tu sia. Il Touch Locket è chiaramente pensato come un regalo e quindi, opportunamente, è disponibile in diverse finiture: dall'acciaio inossidabile "nero pece" a quello completamente placcato in oro, a seconda dei gusti e del budget.



PROTOTIPO 1- AIRPEN

<https://csustrata.org/technology-transfer/available-technology/airpen-wearable-particle-and-gas-monitor/>

DESCRIZIONE:

I ricercatori della Colorado State University (CSU) hanno sviluppato un dispositivo innovativo chiamato AirPen, un monitor personale indossabile, piccolo, leggero, silenzioso e autonomo, progettato per quantificare in modo simultaneo l'esposizione personale agli inquinanti atmosferici in fase di particelle (PM) e gas (composti organici volatili, COV). L'aria contenente PM e COV entra attraverso un ingresso. Le particelle con diametro $\leq 2,5 \mu\text{m}$ vengono separate da un ciclone e raccolte su un filtro.

Campionamento dei COV:

Dopo la rimozione del particolato, l'aria priva di particelle passa attraverso un sensore di concentrazione totale di COV (TVOC). Circa 15 mL/min di quest'aria vengono inviati attraverso un tubo di desorbimento termico, che consente la raccolta dei COV per successive analisi.

CONTROLLO DELLA PORTATA

Due orifizi regolano i flussi d'aria:

Uno limita l'aria che bypassa il tubo di desorbimento termico.

L'altro controlla la quantità di aria che attraversa il sensore di flusso di massa primario e il ciclone.

L'AirPen registra anche dati temporali e spaziali relativi a: concentrazione PM, TVOC, temperatura, umidità, intensità luminosa, posizione (GPS), movimento. Il dispositivo è monoblocco, eliminando la necessità di tubi esterni e migliorando la comodità e la libertà di movimento dell'utilizzatore. Al suo interno si trovano un sensore PM a basso costo e una batteria agli ioni di litio. L'aria trattata viene scaricata dall'estremità opposta all'ingresso.

VANTAGGI

Dimensioni ridotte, peso leggero e funzionamento silenzioso.

Facilità d'uso e costo contenuto.

Design compatto senza tubazioni, riducendo l'ingombro e l'interferenza con i movimenti.

Fornisce misurazioni dettagliate dell'esposizione personale agli inquinanti in funzione di: tempo, posizione, fonte, attività

Permette quindi di identificare specifici microambienti (ad esempio casa, lavoro, scuola, mezzi di trasporto, altri spazi interni) associati a esposizioni elevate, senza necessità di dati dettagliati di diari di attività.



Illustra il percorso del flusso d'aria: l'aria con PM e COV (gialla) entra nell'AirPen, le particelle $\leq 2,5 \mu\text{m}$ passano nel ciclone e si depositano sul filtro. L'aria depurata (rosa) prosegue verso il sensore TVOC e il tubo di desorbimento termico. Due orifizi regolano rispettivamente il bypass e la portata primaria.

Vista assemblata: Mostra l'AirPen completo, con l'involucro trasparente che rivela il sensore PM e la batteria interna.

Fotografia reale: Una foto dell'AirPen nel palmo di una mano mostra le dimensioni compatte del dispositivo.

PROTOTIPO 2- TAUANITO INAIR

<https://www.datamanager.it/2024/06/start-up-innovativa-bolognese-brevetta-un-sistema-di-sensori-per-monitorare-la-qualita-dellaria-indoor/>

TAUANITO INAIR: il sensore intelligente per la qualità dell'aria indoor che coniuga benessere, sostenibilità ed efficienza energetica. AUANITO INAIR è la nuova frontiera del monitoraggio della qualità dell'aria interna. Sviluppato da Taula Società Benefit, start-up bolognese all'avanguardia nel settore IoT e sostenibilità, questo dispositivo brevettato offre alle aziende uno strumento concreto per migliorare la salubrità degli ambienti, ridurre i consumi energetici e contribuire al raggiungimento degli obiettivi ESG (Environmental, Social, Governance). Questo prodotto offre una visione completa e in tempo reale della qualità dell'aria interna. Grazie alla connettività tramite GPS, WiFi e protocolli domotici, il sensore può essere facilmente integrato nei sistemi di building management, permettendo un controllo remoto capillare e flessibile, anche su edifici distribuiti geograficamente.

PUNTI DI FORZA

Design iconico e funzionale

Il sensore si presenta con una forma unica a chicco, studiata non solo per distinguersi esteticamente, ma anche per garantire un'ottimale distribuzione dei flussi d'aria e una rilevazione più precisa dei parametri ambientali. Il dispositivo misura con precisione i principali indicatori della qualità dell'aria: temperatura, umidità relativa, livelli di CO₂, composti Organici Volatili (COV), polveri sottili (PM2.5 e PM10), inquinamento acustico (livelli sonori). TAUANITO INAIR include anche un programma di formazione on-demand. Attraverso una piattaforma di micro-video formativi, dipendenti e manager possono acquisire consapevolezza sull'importanza della qualità dell'aria e delle buone pratiche per mantenerla elevata, rafforzando la cultura aziendale del benessere e della sostenibilità.

L'adozione di TAUANITO INAIR non si limita al monitoraggio, ma si traduce in un vantaggio competitivo tangibile:

Ambienti di lavoro più salubri : maggiore produttività e riduzione dei rischi per la salute

Risparmio energetico : minori costi e ottimizzazione dei sistemi HVAC

Allineamento agli standard ESG : miglioramento della reputazione aziendale e accesso a incentivi green

Strumento decisionale data-driven : possibilità di intervenire tempestivamente su criticità ambientali



MATERIALE SEMICONDUCTORE NANOSTRUTTURATO PER LA RIVELAZIONE DI CO₂

<https://www.unife.it/it/terza-missione/proprietà-intellettuale/pi/brevetti/immagini-brevetti/brochure-materiale-semiconduttore.pdf>

TITOLARI BREVETTO: Università degli Studi di Ferrara

BREVETTI UNIFE: Fisica

DOMANDA NUMERO: 102022000022314

DATA DI PRESENTAZIONE: 28/10/2022

L'Università di Ferrara ha sviluppato un materiale nanostrutturato innovativo destinato alla realizzazione di sensori chemoresistivi per il rilevamento dell'anidride carbonica (CO₂). Questo materiale può essere facilmente depositato su diversi tipi di supporto utilizzando tecniche consolidate quali: serigrafia, spray-coating, spin-coating, dip-coating. La polvere nanostrutturata è progettata per formare film sensibili che costituiscono la base del sensore a stato solido. Il principio di funzionamento si basa sul cambiamento delle proprietà elettriche del materiale, in particolare la conduttanza, in seguito all'adsorbimento dell'anidride carbonica sulla sua superficie.

CARATTERISTICHE

1. Garantisce un'ampia superficie specifica, aumentando la capacità di interazione con il gas target (CO₂).
2. Alta reattività della superficie per migliorare l'attività ricettrice del dispositivo e la sensibilità alla CO₂.
3. Può essere prodotto con metodi economici e scalabili come: Sintesi sol-gel, co-precipitazione, principio attivo correlato

Viene citato il TX Active®, un principio attivo fotocatalitico brevettato da Italcementi e utilizzato in materiali cementizi. Sebbene non faccia parte direttamente del materiale brevettato, viene menzionato come esempio di utilizzo della fotocatalisi per ridurre l'inquinamento atmosferico, tramite la trasformazione degli inquinanti in composti innocui e conferendo proprietà autopulenti a superfici cementizie (malte, pitture, intonaci, pavimentazioni).

Il materiale trova impiego in numerosi settori grazie alla sua elevata sensibilità alla CO₂ e alla flessibilità di utilizzo:

Monitoraggio della qualità dell'aria in ambienti chiusi o confinati (ambienti privati e pubblici)

Agricoltura sostenibile quindi controllo della concimazione carbonica nelle serre

Food-packaging ossia controllo atmosferico per conservazione di frutta e verdura

Trasporto di alimenti e bevande per monitoraggio durante il trasporto di prodotti freschi

Celle frigorifere: rilevamento di CO₂ per il mantenimento di condizioni ottimali

Incubatori per scienze biologiche

Fermentazione e birrificazione quindi controllo dei livelli di CO₂ durante i processi produttivi

Misurazioni ecologiche: Respirazione del suolo e misurazioni ambientali di CO₂, anche con sensori integrati su mezzi di trasporto pubblico



PRODOTTO 1 - AirBeam3

<https://www.cleanairfund.org/case-study/wearable-air-sensors/>

Dimensioni tascabili e peso di 6 once (circa 170 g).
Misura PM1, PM2.5, PM10, temperatura e umidità relativa.
Supporta Bluetooth, WiFi e 4G, consentendo la trasmissione dati in tempo reale.
Funziona senza bisogno di connessione a uno smartphone, grazie alla scheda MicroSD (32GB), GPS e batteria.
Resistente alle intemperie, ma non impermeabile (richiede protezione dalla pioggia diretta).
Batteria a lunga durata: 3350 mAh, con 17 ore in modalità mobile e 31 ore in modalità fissa-WiFi.
Indicatori LED: Forniscono informazioni sullo stato del dispositivo, come connessione, trasmissione dati e livello di batteria.

Sensore di particelle: Plantower PMS7003.
Sensore di temperatura e umidità: Texas Instruments HDC1080DMBR.
Microcontrollore e connettività: Espressif ESP32-WRO-OM-32D.
Modulo cellulare 4G e GPS: Quectel LTE BG95-M3.
Orologio in tempo reale: NXP PCF2129T/2.518.
Batteria ricaricabile: PKCell ICR18650, 3350 mAh, 3.7V.
I dati vengono salvati sulla scheda SD e inviati all'app AirCasting o alla dashboard online.
Grazie alla memoria interna e al GPS, può raccogliere dati anche in assenza di connessione Bluetooth o WiFi.
Disponibile su Android e iOS, permette di visualizzare e gestire le misurazioni.



PRODOTTO 2- FLOW BY PLUME LABS

Sensori integrati:
PM1 / PM2.5 / PM10: misurati con contatore laser a diffusione di luce.
NO₂ (Biossido di azoto): rilevato con sensore a ossido metallico riscaldato (250°C).
VOC (Composti organici volatili): rilevati tramite reazione su membrana riscaldata.

Dimensioni e peso:
Altezza: 125 mm
Larghezza: 40 mm
Profondità: 35 mm
Peso: 70 g

Batteria:
Durata: 24–72 ore (dipende dall'uso e modalità idle).
Ricarica: via USB-C.

Connettività:
Bluetooth Low Energy (BLE), compatibile con Android e iOS.



PRODOTTO 3-ATMOTUBE PRO

<https://atmotube.com/atmotube-pro>

Prezzo: €179

Sensori avanzati PM e VOC per il rilevamento di inquinanti

Design compatto e portatile, con clip per borsa o cintura

App mobile gratuita per monitorare i dati e ricevere avvisi

Atmotube PRO rileva in tempo reale: particelle PM1, PM2.5, PM10, inclusi polvere, fumo, polline e fuliggine

Composti Organici Volatili Totali (TVOC), come acetone, metanolo, benzene, etanolo, toluene, xilene e formaldeide, pressione atmosferica, temperatura e umidità relativa

Il LED cambia colore in base alla qualità dell'aria: il LED cambia colore in base alla qualità dell'aria

Dopo la prima accensione o un'inattività prolungata, il sensore VOC richiede circa 3 minuti di preriscaldamento, durante i quali il LED lampeggerà in arancione e il dispositivo non effettuerà misurazioni.

Batteria agli ioni di litio da 2000 mAh

Autonomia fino a 7 giorni con una singola carica

Ricarica tramite USB Type-C (cavo incluso)

Per una carica completa, collegare il dispositivo a un alimentatore da 5V per almeno 2 ore. La luce LED passa da arancione a verde quando la ricarica è completata.

Dimensioni: 86 x 50 x 22 mm (3,4 x 2 x 0,9 pollici)

Peso: 104 g (3,66 oz)

Temp. di funzionamento: da -5°C a 45°C (23°F - 113°F)

Temp. consigliata per letture accurate: 0°C - 30°C, con umidità inferiore all'85%

Temp. di conservazione: da -40°C a 85°C (-40°F - 185°F), con umidità inferiore all'85%

Non resistente all'acqua: tenere lontano da liquidi e umidità

Bluetooth 5.0 LE per connessione veloce e stabile

App mobile gratuita (iOS e Android) con interfaccia intuitiva

Monitoraggio storico dei dati e avvisi in tempo reale se la qualità dell'aria scende sotto una certa soglia

Dati condivisi anonimamente per contribuire alla mappa globale della qualità dell'aria



PRODOTTO 6: _Aeroqual Ranger™

Possibilità di rimuovere e sostituire i sensori in pochi secondi.

Tipologie di inquinanti rilevati:

Particolato: PM1, PM2.5, PMresp, PM10, TSP.

Gas: CO, CO2, NO2, VOCs, O3, SO2, H2, H2S, Cl2,

Formaldeide, CH4, NMHC, Ammoniaca, C2Cl4.

Connettività: Wi-Fi integrato. Trasferimento dati via cavo USB-C.

Display: Retroilluminato, leggibile anche in ambienti esterni.

Batteria: Durata fino a 24 ore di utilizzo continuo, senza necessità di alimentazione esterna.

Allarmi: Allarmi acustici integrati per avvisare in caso di superamento dei livelli di sicurezza.

Memoria: Profonda capacità di memorizzazione, adatta per monitoraggi prolungati.

Cloud: Backup automatico e in tempo reale dei dati su Ranger Cloud, accessibile da remoto.

Peso: Circa 600 grammi (22 onces), ultra-leggero e facile da trasportare.



PRODOTTO 7: GasDoc DS-399

Colore: Blu scuro

Dimensioni del prodotto: 10,5 cm (profondità) x 2,1 cm (larghezza) x 5,1 cm (altezza)

Peso dell'articolo: 76,8 grammi / 2,71 onces

Allarme: Acustico e visivo

Paese di origine: Cina

Tipo di batteria: Ioni di litio

Rilevamento Monossido di Carbonio:

Gamma di rilevamento: da 0 a 1000 PPM

Possibilità di impostare soglie di allarme personalizzate per una rilevazione precoce

Monitoraggio in tempo reale di temperatura e umidità ambientale

Batteria potente e ricaricabile: Batteria integrata al litio da 1000mAh

Ricarica tramite cavo Type-C

Durata: fino a 168 ore di utilizzo continuo con una carica completa

Dimensioni ridotte, simili a quelle del palmo di una mano

Facile da trasportare in tasca o agganciare ai bagagli tramite cordino incluso

Allarmi personalizzabili per concentrazione di CO

Allarme acustico + indicatore luminoso che cambia colore a seconda del livello di allerta



PRODOTTO 8: PILDEGRO

Stile: Contemporaneo

Fonte di Alimentazione: A batteria

Colore: 3-IN-1/Grigio (CO + Temperatura + Umidità)

Dimensioni del Prodotto: 7.6 cm (Profondità) x 7 cm (Larghezza) x 3 cm (Altezza)

Peso dell'Articolo: 0.22 libbre (circa 100 grammi) / 3.52 onces

Allarme: Allarme acustico e visivo per sicurezza dell'aria

Umidità Operativa: Fino al 95%

Temperatura Massima di Funzionamento: 50°C / 122°F

Tipo di Sensore: Electrochimico ad alta precisione

Materiale: Plastica ABS + Telaio in Lega

Paese di Origine: Cina

Batterie: 1 batteria ai polimeri di litio (inclusa)

Capacità Batteria: 1000 mAh, 3.7 Wh

Tipo di Batteria: Polimero di Liti

Sensore elettrochimico di alta precisione per rilevamento in tempo reale.

Campo di rilevamento: 0~500 ppm.

Precisione lineare $\pm 10\%$:

10 ppm ± 1 ppm

50 ppm ± 5 ppm

Risposta rapida: 1 secondo.

Rileva CO inodore e combustione nascosta di incendi nelle fasi iniziali.

Sistema di Allarme a 3 Segmenti: Display LCD vivace e allarme sonoro potente.

Indicatori:

Verde: Sicuro

Giallo: Allarme a bassa frequenza

Rosso: Allarme ad alta frequenza

Gamma di avviso regolabile da 25 a 125 ppm (predefinito 50 ppm).

Adatto sia per interni che per esterni.

Design Compatto e Portatile:

Peso: 100g / 3.57 oz.

Dimensioni: 7.6 cm x 7 cm x 3 cm.

Materiali: Plastica ingegneristica e telaio in lega.

Include laccetto fatto a mano e retro magnetico per facile trasporto o fissaggio.

Batteria Potente & Ricarica Veloce: Batteria da 1000mAh.

Ricarica completa in 1.5 ore (standard 4 ore) tramite Type-C.

Modalità risparmio energetico attiva dopo 5 minuti (bassa luminosità).

Autonomia in standby fino a 140 ore.



PRODOTTO 9: TOPINCN

Stile: Compatto

Fonte di Alimentazione: A batteria (Batteria ricaricabile inclusa)

Allarme: Sonoro

Umidità Operativa: Fino al 95%

Tipo di Sensore: Sensore a Infrarossi Non Dispersivo (NDIR)

Produttore: TOPINCN

Dimensioni del Pacchetto: 17 x 9 x 3 cm (6.69 x 3.54 x 1.18 pollici)

Materiale: ABS, PC (plastica resistente)

Dimensioni del Dispositivo: Circa 73 x 73 x 18 mm (2.9 x 2.9 x 0.7 pollici)

Peso Lordo: Circa 113g (3.9 oz)

Display: Schermo LCD

Tempo di Preparazione: Circa 35 secondi

Frequenza di Aggiornamento: Circa ogni 2 secondi

Calibrazione: Manuale

Campo di Misura CO₂: Da 400 a 5000 ppm \pm (50 ppm)

Precisione di Misurazione: \pm (50 ppm + 5%)

Capacità Batteria: 1000 mAh, Batteria al Litio (inclusa)

Metodo di Ricarica: USB Type-C

Tensione di Ingresso: DC 5V 0.5A

Il rilevatore combina tre funzioni in un solo dispositivo: rilevamento di temperatura, umidità e anidride carbonica (CO₂) tramite un sensore a infrarossi.

Schermo LCD ad alta precisione che mostra i dati in tempo reale, facile da leggere e permette calibrazione manuale. Le dimensioni ridotte e il peso leggero consentono di portarlo comodamente in borsa per monitorare la qualità dell'aria ovunque.

La batteria ricaricabile da 1000 mAh offre un'autonomia di 24 ore con una sola carica e una lunga durata nel tempo. I dati di CO₂, temperatura e umidità vengono aggiornati ogni 2 secondi e visualizzati in tempo reale.

Per accendere il dispositivo, basta tenere premuto per 3 secondi.



PRODOTTO 10: SISCO-AIR-DM502

Elementi Misurati: PM2.5 (Particolato fine), PM1.0 (Particelle ultrafini), PM10 (Particolato grosso), HCHO (Formaldeide), TVOC (Composti Organici Volatili Totali), AQI (Indice di Qualità dell'Aria), Temperatura, Umidità

Intervallo di Misurazione:

PM2.5: 0 - 999 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

HCHO (Formaldeide): 0.001 - 1.999 mg/m^3

TVOC: 0.001 - 9.999 mg/m^3

AQI: 0 - 500

Temperatura: da -20°C a 50°C

Umidità: 20% - 90% RH

Principi di Rilevamento:

PM2.5/PM1.0/PM10: Scattering laser

HCHO: Sensore elettrochimico

TVOC: Sensore a semiconduttore

Temperatura & Umidità: Sensore specifico per temperatura e umidità

Tempo di Campionamento (PM2.5): 1.5 secondi

Area di Rilevamento: 50 m^2

Temperatura Operativa: da -10°C a 50°C

Umidità Relativa Operativa: 20% - 85% RH

Temperatura di Stoccaggio: da -10°C a 60°C

Display: Schermo LCD a colori da 2.8 pollici

Risoluzione: 320 x 240 pixel

4 interfacce differenti, user-friendly, facile lettura

Alimentazione: Batteria ricaricabile agli ioni di litio

Cavo di ricarica USB incluso

Materiale: Plastica ABS

Dimensioni del Prodotto: 155 x 87 x 35 mm

Peso: 200 g

Prezzo: \$191.46



PRODOTTO 11: GZAIR

Stile: Piccolo e compatto

Fonte di alimentazione: A batteria (batteria inclusa)

Colore: Nero

Peso dell'articolo: 0,28 libbre (circa 127 grammi) / 4,5 onces

Umidità operativa: Fino al 95%

Temperatura massima di funzionamento: 131°F (circa 55°C)

Tipo di sensore: Elettrochimico (durata del sensore: 5 anni, rilevamento accurato del livello reale di CO)

Paese di origine: Cina

Dimensioni del prodotto: 4,3 x 1,8 x 1,3 pollici (circa 10,9 x 4,6 x 3,3 cm)

Tipo di batteria: Litio manganese diossido (9V Litio)

Durata della batteria: Fino a 2 anni

Impermeabilità: Certificazione IP67 (impermeabile)

Resistenza agli urti: Supera il test di caduta da 20 piedi (circa 6 metri)

Campo di rilevamento CO: Da 0 a 1000 ppm con risoluzione di 1 ppm

Allarmi: Avviso visivo, sonoro e con vibrazione al raggiungimento dei livelli preimpostati di CO

Display: Display retroilluminato per visualizzazione della concentrazione di CO in tempo reale

Accessori: Include cordino per trasporto (design portatile e leggero)





Concept del
gioiello tech

IPOTESI, REQUISITI E OBIETTIVI DA RAGGIUNGERE

1 IPOTESI

L'obiettivo di questa ricerca è lo sviluppo di un dispositivo tecnologico indossabile, un "gioiello smart", in grado di monitorare la qualità dell'aria in ambienti sia interni che esterni. Tale dispositivo, attraverso l'integrazione di sensori avanzati e connettività digitale, permetterà agli utenti di avere accesso a informazioni dettagliate sulla loro esposizione agli inquinanti, consentendo loro di adottare misure preventive per proteggere la propria salute. L'ipotesi centrale di questa ricerca è che l'uso di un dispositivo wearable possa sensibilizzare maggiormente gli utenti sui rischi dell'inquinamento atmosferico e aiutarli a ridurre la loro esposizione a sostanze nocive. Più nello specifico:

1. I sensori ambientali integrati nel dispositivo devono essere in grado di rilevare con precisione inquinanti atmosferici come VOC (composti organici volatili), CO (monossido di carbonio), NO₂ (biossido di azoto), NH₃ (ammoniaca) e H₂S (idrogeno solforato), fornendo dati coerenti nel tempo.
2. La ricezione di notifiche in tempo reale sulle condizioni dell'aria influenzerà positivamente il comportamento degli utenti, portandoli a evitare ambienti particolarmente inquinati o ad adottare misure di protezione, come l'uso di mascherine filtranti o la ventilazione adeguata degli spazi interni.
3. La connessione con un'applicazione mobile permetterà di visualizzare dati storici e notifiche

2 OBIETTIVI

Per confermare queste ipotesi, la ricerca si propone di raggiungere i seguenti obiettivi:

- Progettazione/sviluppo del gioiello smart
- Integrare sensori avanzati per il rilevamento degli inquinanti atmosferici più comuni.
- Assicurare che le misurazioni siano accurate, con una calibrazione dei sensori
- Garantire un'interfaccia user-friendly che permetta una facile interpretazione dei dati.
- Testare il dispositivo in ambienti con differenti livelli di inquinamento atmosferico (indoor/outdoor ecc.).
- Valutare la reattività del sistema di allerta e la precisione delle notifiche trasmesse all'utente.
- Sviluppo dell'applicazione mobile complementare
- Creare un'interfaccia intuitiva per la visualizzazione dei dati raccolti.
- Implementare funzionalità di analisi storica dei livelli di inquinamento.
- Studio dell'usabilità e dell'accettabilità da parte degli utenti
- Conduzione di focus group e interviste per comprendere le preferenze degli utenti.
- Analisi dell'impatto psicologico e comportamentale derivante dall'uso del dispositivo.

FASE DI IDEAZIONE: BRAINSTORMING

Il design del gioiello tecnologico trae la sua principale ispirazione dalla natura, con un focus particolare sulla Sansevieria, comunemente nota come "lingua di suocera" o "pianta del serpente". Questa pianta, celebre per le sue straordinarie capacità di purificazione dell'aria, ha fornito sia uno spunto estetico che un modello funzionale per l'intero processo di progettazione. Originaria delle regioni tropicali e subtropicali dell'Africa, la Sansevieria appartiene alla famiglia delle Asparagaceae (precedentemente inclusa nelle Liliacee) e comprende circa 50 specie. Il suo fogliame caratteristico, con sfumature di verde intenso e bordature gialle o variegature argentate, la rende una delle piante ornamentali più apprezzate.

Tuttavia, il suo valore va oltre l'estetica: grazie alla capacità di adattarsi a diverse condizioni ambientali e alla sua resistenza, è considerata ideale per l'arredo indoor.

Le sue foglie succulente, slanciate e prive di fusto, presentano variazioni morfologiche a seconda della specie: Sansevieria trifasciata: foglie spadiformi con variegature giallo oro ('Laurentii'), bande trasversali verde-grigio ('Robusta' o 'Zebrina'), margini gialli ('Futura'), tonalità argentee ('Moonshine').

Sansevieria cilindrica: foglie cilindriche di colore verde glauco.

Sansevieria guineensis: foglie piatte e allargate, con striature bianche su fondo verde salvia.

Oltre alla sua bellezza e resistenza, la Sansevieria ha un forte valore simbolico in molte culture. In Cina e Corea, è associata alle 8 virtù (lunga vita, prosperità, intelligenza, bellezza, arte, poesia, salute e forza), mentre in India è considerata una pianta portafortuna

Uno degli aspetti più sorprendenti della Sansevieria è la sua capacità di migliorare la qualità dell'aria grazie al meccanismo di fotosintesi CAM (Crassulacean Acid Metabolism). A differenza di molte altre piante, questa specie assorbe anidride carbonica e rilascia ossigeno anche di notte, rendendola particolarmente indicata per le stanze da letto e gli ambienti chiusi. Inoltre, numerosi studi scientifici dimostrano che è in grado di filtrare sostanze inquinanti come formaldeide, benzene, xilene e ossidi di azoto, contribuendo a un ambiente più salubre.

Il design del ciondolo tecnologico si ispira alle foglie della Sansevieria, reinterpretandole in forma di elementi sinuosi che si avvolgono armoniosamente attorno a un elemento centrale contenente la componente elettronica. Questo avvolgimento non è solo un dettaglio estetico, ma assume un significato simbolico: rappresenta l'interconnessione tra natura e tecnologia, un equilibrio dinamico tra il mondo organico e quello artificiale. Il nucleo centrale del ciondolo, dalla forma romboidale, è realizzato in ottone ecobross e caratterizzato da una superficie microforata. Questi microfori, progettati seguendo il pattern dell'epidermide della foglia della Sansevieria, non sono solo un elemento decorativo, ma hanno una funzione essenziale: garantire un flusso d'aria costante ai sensori interni. Così come la Sansevieria assorbe gli inquinanti atmosferici e rilascia ossigeno, il ciondolo tecnologico compie una funzione analoga in chiave moderna. Anziché assorbire direttamente le sostanze nocive, il dispositivo rileva la qualità dell'aria circostante, analizzando la presenza di inquinanti e trasmettendo i dati all'utente in tempo reale.



QUESTIONARIO DI VALUTAZIONE PROGETTAZIONE/SVILUPPO PROTOTIPO

L'indagine è stata condotta tra i mesi di novembre e dicembre 2024 su un campione di circa 42 partecipanti appartenenti a diverse fasce di età, background professionale e abitudini di consumo. L'obiettivo è stato quello di comprendere le preferenze estetiche, funzionali e tecnologiche degli utenti finali per sviluppare un prodotto che sia non solo utile e pratico, ma anche piacevole da indossare quotidianamente. Il questionario è stato realizzato tramite una piattaforma online, con Google Forms, è stato strutturato in modo da includere domande a risposta multipla, aperta a scala di valutazione per raccogliere dati quantitativi e qualitativi. Sono state incluse domande demografiche per segmentare le risposte in base a età, background professionale e abitudini di consumo. Il questionario è stato inviato tramite gruppi WhatsApp per raggiungere un campione eterogeneo. Visto che è stata utilizzata la piattaforma come Google Forms, è stato generato un link condivisibile per semplificare l'accesso ai partecipanti. Gli utenti hanno compilato il questionario in modo anonimo, garantendo la privacy delle risposte. Le risposte sono state raccolte automaticamente dalla piattaforma, creando un database ordinato per l'analisi successiva. I dati sono stati successivamente analizzati ed elaborati, con strumenti come Excel per individuare tendenze e preferenze comunitarie tra i partecipanti.

<p>Quando è stato svolto: novembre- dicembre 2024 (2 mesi) Campione: 42 partecipanti Realizzato con: Google Form Inviato ai partecipanti con link: whatsapp Elaborazione: Excel Formato: anonimo (calcolo percentuale)</p>		<p>Quanto è importante per te la personalizzazione del gioiello (colori, incisioni, finiture)?</p> <table border="1"> <tr> <td>per niente</td> <td>poco</td> </tr> <tr> <td>2%</td> <td>8%</td> </tr> <tr> <td>abbastanza</td> <td>molto</td> </tr> <tr> <td>16%</td> <td>74%</td> </tr> </table>		per niente	poco	2%	8%	abbastanza	molto	16%	74%																				
per niente	poco																														
2%	8%																														
abbastanza	molto																														
16%	74%																														
<p>SEZIONE INTRODUTTIVA: INFORMAZIONI GENERALI</p> <p>Qual è la tua fascia d'età?</p> <table border="1"> <tr> <td>Meno di 18 anni</td> <td>18-25 anni</td> <td>26-35 anni</td> </tr> <tr> <td>8%</td> <td>21%</td> <td>19%</td> </tr> <tr> <td>36-45 anni</td> <td>46-55 anni</td> <td>oltre 55</td> </tr> <tr> <td>32%</td> <td>12%</td> <td>8%</td> </tr> </table>		Meno di 18 anni	18-25 anni	26-35 anni	8%	21%	19%	36-45 anni	46-55 anni	oltre 55	32%	12%	8%	<p>Sezione 3: Funzionalità e Tecnologia</p> <p>Quali funzionalità ti aspetteresti da un gioiello che monitora la qualità dell'aria? (Seleziona tutte le opzioni pertinenti)</p> <table border="1"> <tr> <td>tempo reale</td> <td>notifiche</td> <td>integrazion</td> </tr> <tr> <td>71%</td> <td>8%</td> <td>4%</td> </tr> <tr> <td>report</td> <td>avvisi</td> <td>Temp e um.</td> </tr> <tr> <td>5%</td> <td>9%</td> <td>3%</td> </tr> </table>		tempo reale	notifiche	integrazion	71%	8%	4%	report	avvisi	Temp e um.	5%	9%	3%				
Meno di 18 anni	18-25 anni	26-35 anni																													
8%	21%	19%																													
36-45 anni	46-55 anni	oltre 55																													
32%	12%	8%																													
tempo reale	notifiche	integrazion																													
71%	8%	4%																													
report	avvisi	Temp e um.																													
5%	9%	3%																													
<p>Tecnologia e informatica Design e moda Marketing e comunicazione Sanitario e benessere Industria e manifattura Educazione e ricerca</p> <table border="1"> <tr> <td>tecnologia..</td> <td>design..</td> <td>marketing..</td> </tr> <tr> <td>15%</td> <td>29%</td> <td>32%</td> </tr> <tr> <td>sanitario..</td> <td>industria..</td> <td>educazione..</td> </tr> <tr> <td>5%</td> <td>13%</td> <td>6%</td> </tr> </table>		tecnologia..	design..	marketing..	15%	29%	32%	sanitario..	industria..	educazione..	5%	13%	6%	<p>Come vorresti ricevere le informazioni dal dispositivo?</p> <table border="1"> <tr> <td>not. app</td> <td>Led</td> </tr> <tr> <td>14%</td> <td>42%</td> </tr> <tr> <td>vibrazione</td> <td>altro</td> </tr> <tr> <td>44%</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>meno 1 gg</td> <td>1-3 gg</td> </tr> <tr> <td>1%</td> <td>78%</td> </tr> <tr> <td>1 settimana</td> <td>+ 1 sett</td> </tr> <tr> <td>14%</td> <td>8%</td> </tr> </table>		not. app	Led	14%	42%	vibrazione	altro	44%	0%	meno 1 gg	1-3 gg	1%	78%	1 settimana	+ 1 sett	14%	8%
tecnologia..	design..	marketing..																													
15%	29%	32%																													
sanitario..	industria..	educazione..																													
5%	13%	6%																													
not. app	Led																														
14%	42%																														
vibrazione	altro																														
44%	0%																														
meno 1 gg	1-3 gg																														
1%	78%																														
1 settimana	+ 1 sett																														
14%	8%																														
<p>SEZIONE 1: ABITUDINI E SENSIBILITA' AMBIENTALE</p> <p>Quanto sei interessato alla qualità dell'aria che respiri?</p> <table border="1"> <tr> <td>per niente</td> <td>poco</td> </tr> <tr> <td>3%</td> <td>10%</td> </tr> <tr> <td>abbastanza</td> <td>molto</td> </tr> <tr> <td>39%</td> <td>48%</td> </tr> </table>		per niente	poco	3%	10%	abbastanza	molto	39%	48%	<p>Quale livello di autonomia della batteria ti aspetti?</p> <table border="1"> <tr> <td>Meno di 1 giorno</td> <td>1-3 gg</td> </tr> <tr> <td>1%</td> <td>78%</td> </tr> <tr> <td>1 settimana</td> <td>+ 1 sett</td> </tr> <tr> <td>14%</td> <td>8%</td> </tr> </table>		Meno di 1 giorno	1-3 gg	1%	78%	1 settimana	+ 1 sett	14%	8%												
per niente	poco																														
3%	10%																														
abbastanza	molto																														
39%	48%																														
Meno di 1 giorno	1-3 gg																														
1%	78%																														
1 settimana	+ 1 sett																														
14%	8%																														
<p>Qual è il tuo background professionale? (Seleziona l'ambito più vicino al tuo settore di appartenenza)</p> <table border="1"> <tr> <td>si, regol.</td> <td>si, occas.</td> </tr> <tr> <td>3%</td> <td>17%</td> </tr> <tr> <td>no, interess</td> <td>no, non int.</td> </tr> <tr> <td>78%</td> <td>2%</td> </tr> </table>		si, regol.	si, occas.	3%	17%	no, interess	no, non int.	78%	2%	<p>Preferisci un gioiello con batteria ricaricabile o con batteria a lunga durata sostituibile?</p> <table border="1"> <tr> <td>ricaricabile</td> <td>sostituibile</td> </tr> <tr> <td>63%</td> <td>13%</td> </tr> <tr> <td>induzione</td> <td>indifferente</td> </tr> <tr> <td>22%</td> <td>2%</td> </tr> </table>		ricaricabile	sostituibile	63%	13%	induzione	indifferente	22%	2%												
si, regol.	si, occas.																														
3%	17%																														
no, interess	no, non int.																														
78%	2%																														
ricaricabile	sostituibile																														
63%	13%																														
induzione	indifferente																														
22%	2%																														
<p>Quali aspetti della qualità dell'aria ti preoccupano di più? (Seleziona tutte le opzioni pertinenti)</p> <table border="1"> <tr> <td>inquin.atm</td> <td>allergeni</td> </tr> <tr> <td>20%</td> <td>15%</td> </tr> <tr> <td>eff.salute</td> <td>camb. clim.</td> </tr> <tr> <td>41%</td> <td>24%</td> </tr> </table>		inquin.atm	allergeni	20%	15%	eff.salute	camb. clim.	41%	24%	<p>Sezione 4: Comodità e Praticità d'Uso</p> <p>Quanto è importante per te che il gioiello sia leggero?</p> <table border="1"> <tr> <td>per niente</td> <td>poco</td> </tr> <tr> <td>1%</td> <td>2%</td> </tr> <tr> <td>abbastanza</td> <td>molto</td> </tr> <tr> <td>44%</td> <td>53%</td> </tr> </table>		per niente	poco	1%	2%	abbastanza	molto	44%	53%												
inquin.atm	allergeni																														
20%	15%																														
eff.salute	camb. clim.																														
41%	24%																														
per niente	poco																														
1%	2%																														
abbastanza	molto																														
44%	53%																														
<p>Quanto sei disposto a indossare il dispositivo quotidianamente?</p> <table border="1"> <tr> <td>tutti i giorni</td> <td>occasioni</td> </tr> <tr> <td>81%</td> <td>9%</td> </tr> <tr> <td>necessario</td> <td>mai</td> </tr> <tr> <td>8%</td> <td>2%</td> </tr> </table>		tutti i giorni	occasioni	81%	9%	necessario	mai	8%	2%	<p>Quanto deve essere resistente all'acqua e agli urti?</p> <table border="1"> <tr> <td>non impo.</td> <td>abbastanza</td> </tr> <tr> <td>2%</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>molto</td> <td>essenziale</td> </tr> <tr> <td>37%</td> <td>41%</td> </tr> </table>		non impo.	abbastanza	2%	20%	molto	essenziale	37%	41%												
tutti i giorni	occasioni																														
81%	9%																														
necessario	mai																														
8%	2%																														
non impo.	abbastanza																														
2%	20%																														
molto	essenziale																														
37%	41%																														
<p>Quale tipologia di gioiello preferisci per un dispositivo di monitoraggio dell'aria?</p> <table border="1"> <tr> <td>anello</td> <td>bracciale</td> <td>collana</td> </tr> <tr> <td>1%</td> <td>22%</td> <td>69%</td> </tr> <tr> <td>orecchini</td> <td>spilla</td> <td>altro</td> </tr> <tr> <td>2%</td> <td>3%</td> <td>3%</td> </tr> </table>		anello	bracciale	collana	1%	22%	69%	orecchini	spilla	altro	2%	3%	3%	<p>Quanti ostacoli potrebbero impedirti di utilizzare un gioiello tecnologico?</p> <table border="1"> <tr> <td>prezzo alto</td> <td>design</td> <td>funzionalità</td> </tr> <tr> <td>35%</td> <td>28%</td> <td>24%</td> </tr> <tr> <td>durata</td> <td>peso</td> <td>altro</td> </tr> <tr> <td>9%</td> <td>3%</td> <td>1%</td> </tr> </table>		prezzo alto	design	funzionalità	35%	28%	24%	durata	peso	altro	9%	3%	1%				
anello	bracciale	collana																													
1%	22%	69%																													
orecchini	spilla	altro																													
2%	3%	3%																													
prezzo alto	design	funzionalità																													
35%	28%	24%																													
durata	peso	altro																													
9%	3%	1%																													
<p>Quale stile di design preferisci?</p> <table border="1"> <tr> <td>minimalista</td> <td>elegante</td> <td>sportivo</td> </tr> <tr> <td>32%</td> <td>8%</td> <td>3%</td> </tr> <tr> <td>classico</td> <td>futuristico</td> <td>altro</td> </tr> <tr> <td>31%</td> <td>26%</td> <td>0%</td> </tr> </table>		minimalista	elegante	sportivo	32%	8%	3%	classico	futuristico	altro	31%	26%	0%	<p>Sezione 5: Interesse e Fascia di Prezzo</p> <p>Quanto saresti disposto a spendere per un gioiello tecnologico con queste funzionalità?</p> <table border="1"> <tr> <td>meno 500€</td> <td>50-100€</td> <td>100-200 €</td> </tr> <tr> <td>9%</td> <td>16%</td> <td>58%</td> </tr> <tr> <td>200-300€</td> <td>oltre 300 €</td> <td></td> </tr> <tr> <td>13%</td> <td>4%</td> <td></td> </tr> </table>		meno 500€	50-100€	100-200 €	9%	16%	58%	200-300€	oltre 300 €		13%	4%					
minimalista	elegante	sportivo																													
32%	8%	3%																													
classico	futuristico	altro																													
31%	26%	0%																													
meno 500€	50-100€	100-200 €																													
9%	16%	58%																													
200-300€	oltre 300 €																														
13%	4%																														
<p>Quale stile di design preferisci?</p> <table border="1"> <tr> <td>m. preziosi</td> <td>acciaio</td> <td>ceramica</td> </tr> <tr> <td>52%</td> <td>10%</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>silicone</td> <td>legno</td> <td>riciclati</td> </tr> <tr> <td>1%</td> <td>0%</td> <td>37%</td> </tr> </table>		m. preziosi	acciaio	ceramica	52%	10%	0%	silicone	legno	riciclati	1%	0%	37%	<p>Quanti fattori influenzerebbero maggiormente la tua decisione d'acquisto?</p> <table border="1"> <tr> <td>qualità</td> <td>estetica</td> </tr> <tr> <td>23%</td> <td>22%</td> </tr> <tr> <td>funzionalità</td> <td>affidabilità</td> </tr> <tr> <td>53%</td> <td>2%</td> </tr> </table>		qualità	estetica	23%	22%	funzionalità	affidabilità	53%	2%								
m. preziosi	acciaio	ceramica																													
52%	10%	0%																													
silicone	legno	riciclati																													
1%	0%	37%																													
qualità	estetica																														
23%	22%																														
funzionalità	affidabilità																														
53%	2%																														
<p>Quale stile di design preferisci?</p> <table border="1"> <tr> <td>minimalista e moderno</td> <td>elegante e raffinato</td> <td>sportivo e dinamico</td> </tr> <tr> <td>32%</td> <td>8%</td> <td>3%</td> </tr> <tr> <td>classico e tradizionale</td> <td>futuristico e hi-tech</td> <td>altro</td> </tr> <tr> <td>31%</td> <td>26%</td> <td>0%</td> </tr> </table>		minimalista e moderno	elegante e raffinato	sportivo e dinamico	32%	8%	3%	classico e tradizionale	futuristico e hi-tech	altro	31%	26%	0%	<p>Qualità dei materiali Estetica e design Funzionalità tecnologiche avanzate Affidabilità del marchio</p> <p>L'elettronica si deve/non deve vedere? Unico gioiello o più parti? dare + importanza all'aspetto formale o tecnologico?</p>																	
minimalista e moderno	elegante e raffinato	sportivo e dinamico																													
32%	8%	3%																													
classico e tradizionale	futuristico e hi-tech	altro																													
31%	26%	0%																													

FASE DI IDEAZIONE: EVOLUZIONE DEL CONCEPT E SCELTE DI DESIGN

Durante la fase di ideazione del gioiello high-tech, sono state valutate diverse soluzioni di design per trovare il giusto equilibrio tra estetica, funzionalità e percezione del prodotto. Le scelte progettuali si sono evolute attraverso quattro principali proposte, ognuna delle quali ha contribuito alla definizione della soluzione definitiva.

PRIMA PROPOSTA: ENFATIZZAZIONE ASPETTO TECNOLOGICO

La prima soluzione esplorata puntava a dare la massima importanza all'aspetto high-tech del gioiello.

Il design prevedeva:

Una doppia scocca, con una scocca interna trasparente per ospitare l'elettronica e una scocca esterna caratterizzata da un pattern ispirato ai circuiti elettronici del PCB, enfatizzando visivamente la componente tecnologica.

Tuttavia, questa soluzione presentava alcune criticità:

Eccessivo minimalismo: l'estetica risultava troppo semplice e priva di un'identità distintiva.

Aspetto troppo tecnico e industriale: il design appariva "bruto" e non abbastanza raffinato per un gioiello.

SECONDA PROPOSTA: VERSATILITA' FORMALE

Per superare le limitazioni della prima proposta, si è considerata un'evoluzione verso un design più versatile.

L'idea iniziale prevedeva:

Una forma essenziale e regolare (ovale, sferica), senza un'ispirazione diretta.

Una scocca pensata per adattarsi a diversi tipi di accessori (bracciale, collana, spilla).

Nonostante la flessibilità di utilizzo, questa soluzione presentava delle problematiche:

Mancanza di identità: la forma risultava troppo generica e priva di un carattere distintivo.

Assenza di elementi simbolici: il design non trasmetteva un messaggio visivo chiaro.

Per dare maggiore personalità al progetto, si è quindi deciso di esplorare nuove soluzioni che integrassero riferimenti estetici più iconici.



TERZA PROPOSTA: ISPIRAZIONE NATURALE E TRASPARENZA PARZIALE

A questo punto, il design ha iniziato a orientarsi verso un concept più ricercato, ispirato alla natura. La nuova proposta prevedeva:

Scocca interna trasparente, con una forma geometrica semplice (cubica, romboidale, sferica) per mettere in evidenza l'elettronica. Scocca esterna in metallo, ispirata alla texture delle foglie di Sansevieria.

Ulteriormente, si è considerata un'evoluzione della soluzione, introducendo un pattern derivato dalla texture della foglia di Sansevieria: il pattern dell'epidermide della foglia veniva scomposto e distribuito con un algoritmo Voronoi, creando forme organiche indefinite, evitando una riproduzione diretta della foglia.

Nonostante l'estetica innovativa, i test di gradimento hanno evidenziato alcuni punti critici:

sebbene alcuni utenti apprezzassero l'aspetto high-tech, altri percepivano l'elettronica visibile come fredda e

tecnica, riducendo l'appeal estetico del gioiello e la trasparenza entrava in contrasto con la raffinatezza richiesta per un gioiello.

QUARTA PROPOSTA: DEFINITIVA

Dai test di gradimento e dalle considerazioni estetico-funzionali è emersa la necessità di abbandonare la trasparenza a favore di un design più raffinato.

Scocca chiusa per motivi estetici:

Maggiore uniformità delle superfici e finiture più eleganti.

Maggiore adattabilità al concetto di gioiello di alta gamma.

Riduzione della percezione "fredda" e tecnica dell'elettronica.

Doppia scocca:

Scocca esterna in materiali metallici, con un design ispirato alle foglie di Sansevieria.

Struttura costituita da due foglie intrecciate, che conferisce un carattere distintivo ed elegante.

Struttura apribile e smontabile, permettendo all'utente di accedere alla scocca interna con l'elettronica, migliorando l'usabilità del gioiello.



EVOLUZIONE DELLA FORMA E DESIGN DELLA FOGLIA DI SANSEVIERIA

L'ispirazione principale del progetto nasce dall'analisi della crescita a spirale della Sansevieria, una pianta nota per la sua struttura verticale e per il caratteristico pattern delle sue foglie. L'obiettivo principale era tradurre questa estetica naturale in un design che fosse non solo fedele alla morfologia della pianta, ma anche ottimizzato per una resa visiva su scala ridotta, bilanciando estetica, funzionalità e fattibilità produttiva. Il processo progettuale ha attraversato diverse fasi:

1. In una fase iniziale, si è pensato di astrarre la forma della foglia applicando la texture epidermica osservata al microscopio su una superficie organica generata attraverso un pattern Voronoi. Questa soluzione consentiva di mantenere un riferimento alla struttura cellulare della pianta senza riprodurre direttamente la forma della foglia, rendendo il design più neutrale e versatile. Tuttavia, le problematiche tecniche emerse riguardavano la difficoltà di mantenere una definizione chiara della texture su dimensioni ridotte e la complessità della lavorazione superficiale

2. Una successiva proposta prevedeva una serie di foglie disposte radialmente attorno a un plettro trasparente contenente l'elettronica. L'estetica prevedeva due varianti cromatiche: acciaio in PVD Black, per un look contemporaneo e deciso, e acciaio Naturale, per un'estetica più classica. Tuttavia, la difficoltà di integrare l'elettronica in una struttura così articolata ha richiesto una revisione del concept.

3. Un'altra fase del progetto ha portato alla suddivisione del design in due sezioni visivamente distinte, influenzate dalla forma quadrata del PCB (37,3 x 37,3 mm): una parte Geometrica (scocca Interna) rappresentata dal PCB, simbolo della componente tecnologica e una parte Organica (Scocca Esterna): ispirata alla forma naturale della foglia di Sansevieria. Inizialmente, si è valutata la possibilità di realizzare i bordi in acciaio pieno con una texture traforata ispirata all'epidermide fogliare. Tuttavia, la complessità produttiva e la scarsa visibilità della texture su scala ridotta hanno portato all'abbandono di questa soluzione.

4. Per valorizzare l'aspetto estetico, si è esplorata la possibilità di adottare un design con foglie intrecciate a chiusura di bozzolo e l'aggiunta di cristalli per aumentare luminosità e valore percepito. Tuttavia, questa soluzione ha sollevato problemi di produzione e bilanciamento della forma, portando a una revisione per garantire una migliore vestibilità e proporzione.

5. Si è poi pensato di posizionare le foglie su una scocca romboidale in modo da riprodurre la pianta vista dall'alto. Sebbene questo approccio richiamasse la disposizione naturale della Sansevieria, il design risultava meno riconoscibile e non comunicava efficacemente la connessione con la pianta.

6. Una successiva iterazione ha portato alla creazione di una struttura aperta, delineando solo il bordo della foglia e impreziosendola con un pavé di cristalli. La disposizione sfalsata di alcune tipologie di pietre generava un effetto dinamico, ma riduceva la riconoscibilità del riferimento alla Sansevieria, facendo perdere parte dell'identità visiva del progetto

7. Si è infine esplorata una combinazione di finiture in metallo satinato e lucido per differenziare bordo e interno della foglia, evocando il margine giallo e l'interno verde della Sansevieria. Questa soluzione permetteva di giocare con i riflessi e la profondità visiva, garantendo al contempo una produzione più semplice rispetto alle alternative precedenti.







PRODOTTO:

Un gioiello tecnologico all'avanguardia, elegante e indossabile, che monitora in tempo reale la qualità dell'aria sia in ambienti interni che esterni. Grazie a sensori avanzati, il dispositivo rileva con precisione una vasta gamma di inquinanti, tra cui biossido di azoto (NO₂), ammoniaca (NH₃), composti organici volatili (VOC), acido solfidrico (H₂S) e monossido di carbonio (CO). L'integrazione con un'app mobile permette di visualizzare i dati in tempo reale, ricevere notifiche immediate in caso di livelli critici e accedere a report dettagliati per un'analisi storica personalizzata.

SCENARIO PROPOSTO

Il dispositivo sarà utilizzato in diversi contesti ambientali, sia interni che esterni, per garantire un monitoraggio continuo della qualità dell'aria.



VISION:

Immaginare un mondo più sano e sicuro, dove ogni persona possa vivere, lavorare e spostarsi con la consapevolezza della qualità dell'aria che respira. Contribuire a creare città più vivibili, ridurre l'esposizione ad inquinanti dannosi e promuovere una cultura della salute e della prevenzione.

MISSION:

Offrire uno strumento tecnologico che unisca funzionalità avanzate a un design raffinato. L'obiettivo è rendere la tecnologia ambientale accessibile a tutti, migliorando la salute, il benessere e la qualità della vita quotidiana. Educare e sensibilizzare le persone, per poter intervenire a prendere decisioni informate per proteggere se stesse/propri cari dagli effetti dell'inquinamento atmosferico.



PROBLEMA:

1. La maggior parte delle persone trascorre fino al 90% del proprio tempo in ambienti chiusi, dove la qualità dell'aria può essere fino a 5 volte peggiore rispetto all'esterno.
2. Mancanza di consapevolezza e di strumenti pratici per monitorare l'aria respirata quotidianamente porta spesso a sottovalutare i rischi per la salute.
3. Le città sono sempre più inquinate

VANTAGGI RISPETTO ALLO STATO DELL'ARTE:

Una soluzione innovativa rispetto ai dispositivi fissi tradizionali, garantendo un monitoraggio continuo e in movimento.
L'integrazione con l'app mobile rende la tecnologia fruibile
Grazie all'analisi dei dati storici e notifiche che arrivano dal dispositivo per prevenire condizioni di rischio e suggerire azioni preventive.
Utilizzo di materiali resistenti e un sistema di ricarica a basso impatto energetico
Design moderno adatto a tutti



BISOGNO E BENEFICI

Viviamo in un mondo in cui l'inquinamento atmosferico rappresenta una minaccia crescente e spesso invisibile per la salute pubblica. Le malattie respiratorie, muscolari e neurologiche legate all'esposizione agli inquinanti stanno aumentando, e molte persone non hanno strumenti adeguati per monitorare e prevenire tali rischi. Monitorare la qualità dell'aria in tempo reale.
Ricevere notifiche e avvisi su condizioni ambientali potenzialmente nocive
Adottare misure preventive per ridurre l'esposizione a inquinanti.
Avere accesso a dati storici per analizzare i trend di esposizione.
Avere un dispositivo esteticamente gradevole che si integri nella vita quotidiana

FUNZIONALITA' DISPOSITIVO

Con un dispositivo wearable, l'uomo acquisisce un 'sesto senso tecnologico' che amplia la percezione ambientale

Gli esseri umani non sono biologicamente attrezzati per rilevare agenti inquinanti. Il dispositivo wearable sopperisce a questa limitazione, fungendo da un vero e proprio "sesto senso tecnologico" in grado di ampliare la percezione umana. Questa funzione permette agli utenti di accedere a informazioni altrimenti invisibili, rafforzando il legame tra ambiente e salute personale. I dispositivi di monitoraggio tradizionali presentano limitazioni significative: quelli indoor offrono dati circoscritti a uno spazio fisso, come una stanza; i sensori outdoor stazionari forniscono dati rappresentativi di una zona, ma non personalizzati; le centraline portatili, seppur utili, risultano ingombranti e richiedono interazioni dirette. Al contrario, il device monitora costantemente la qualità dell'aria esattamente dove si trova l'utente, fornendo una mappatura micro-ambientale in tempo reale (potrebbe essere in grado di rilevare la differenza tra l'aria respirata accanto a una strada trafficata e quella di una piazza, o di registrare variazioni ambientali percorrendo pochi metri, come il passaggio vicino a un veicolo diesel o l'ingresso in un sottopassaggio). Questa granularità offre una comprensione unica e personalizzata della qualità dell'aria, rendendo i dati rilevanti per l'adattamento dei comportamenti individuali e impossibile da ottenere con dispositivi non indossabili.

Prevenzione Proattiva e creazione di mappe dettagliate della qualità dell'aria

Molti dispositivi tradizionali si limitano a raccogliere dati, senza fornire un'interazione proattiva. Anche nei casi più avanzati, le notifiche si basano spesso su soglie predefinite, che non tengono conto delle esigenze individuali dell'utente. Il device invece, stabilisce una connessione diretta e personalizzata con chi li utilizza, grazie a segnali come vibrazioni, avvisi luminosi o notifiche via app. Questo approccio consente di:

1. Segnalare all'utente la necessità di adottare misure immediate, come indossare una maschera filtrante in un'area ad alto rischio.
2. Creare una rete di dati crowdsourced: l'adozione diffusa (ipotetica) di wearable può portare alla generazione di mappe estremamente dettagliate della qualità dell'aria urbana, combinando i dati raccolti da migliaia di utenti. Queste informazioni, oltre a essere preziose per l'utente, possono alimentare studi epidemiologici per analizzare il legame tra esposizione personale e salute pubblica, fornendo dati in tempo reale a ricercatori e autorità.
3. Rilevare picchi di esposizione durante specifici momenti della giornata, come il transito in una zona industriale o vicino a un cantiere.
4. Costruire una cronologia dettagliata dei dati raccolti, analizzabile per identificare pattern di esposizione a lungo termine.

Il wearable colma il gap tra ambienti interni ed esterni, monitorando le transizioni

Tradizionalmente, i sensori indoor si concentrano su ambienti chiusi, monitorando parametri come polveri sottili, CO2 o composti organici volatili (VOC), mentre i dispositivi outdoor misurano inquinanti atmosferici generali, quali PM2.5, PM10, NO2 e O3. Tuttavia, questa divisione lascia un vuoto nella comprensione della qualità dell'aria in contesti di transizione, come il passaggio da un ambiente interno protetto a uno esterno.

Il wearable supera questo limite monitorando:

1. Le differenze tra l'aria respirata in una stanza poco ventilata e quella di un'area esterna contaminata.
2. Le variazioni durante la transizione tra ambienti, fornendo notifiche in tempo reale che guidano l'utente verso comportamenti più sicuri, come la scelta di rimanere all'interno durante un picco di inquinamento esterno.

Riduzione dei Costi a Lungo Termine

I dispositivi stazionari, sia indoor che outdoor, presentano costi elevati legati alla manutenzione (come la sostituzione di filtri o la calibrazione dei sensori) e risultano spesso meno aggiornabili. Il device, invece, grazie all'impiego di sensori miniaturizzati e materiali innovativi, sono più economici da mantenere. A lungo termine, l'utilizzo del wearable può contribuire a ridurre significativamente i costi legati alla salute, prevenendo malattie croniche derivanti da esposizioni prolungate all'inquinamento.

PERCHE' UN PENDENTE COME GIOIELLO TECH PER IL MONITORAGGIO DELL'ARIA?

La scelta di sviluppare un dispositivo di monitoraggio della qualità dell'aria sotto forma di pendente (collana) rispetto ad altri accessori wearable (spilla, cintura, cavigliera, orecchini, anello, polsino, fascia per il braccio) è il risultato di un'attenta valutazione multidimensionale che ha coinvolto aspetti tecnici, ergonomici, economici ed estetici.

1. **POSIZIONE:** la sua posizione rispetto alle vie respiratorie dell'utente. Il pendente, posizionato all'altezza del torace o del collo, si trova in una zona direttamente esposta all'aria effettivamente inalata. Questo garantisce una misurazione più precisa rispetto a dispositivi posizionati in aree periferiche del corpo, come anelli o orecchini
2. **VINCOLI DIMENSIONALI:** alcuni accessori wearable, come anelli e orecchini, presentano vincoli dimensionali e di comfort particolarmente stringenti. L'integrazione di sensori, batterie e circuiti elettronici in spazi così ridotti risultava difficoltosa. Al contrario, il pendente offre una superficie e un volume maggiori per l'alloggiamento dei componenti, senza compromettere l'ergonomia.
3. **SUDORE/CALORE CORPOREO:** gli anelli e i polsini, essendo a stretto contatto con la pelle, potrebbero assorbire sudore e calore corporeo, alterando le misurazioni e riducendo la durata della batteria. Un pendente, specialmente se indossato su una collana, rimane più ventilato, riducendo il rischio di surriscaldamento o di concentrazione di umidità

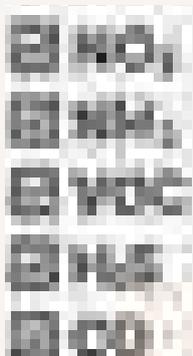
FUNZIONI CHIAVE



Monitoraggio in tempo reale della qualità dell'aria, indoor e outdoor



Interfaccia utente semplice e intuitiva per analisi storica e tracciamento dei pattern di esposizione.



Rilevamento di 5 inquinanti:
Biossido di Azoto (NO_2),
Ammoniaca (NH_3), Composti Organici Volatili (COV),
Acido Solfidrico (H_2S),
Monossido di Carbonio (CO)



Aumento della consapevolezza ambientale
.Sistema di avvisi proattivo (vibrazioni, luci, notifiche).

PERCHÉ MONITORARE VOC, NH₃, CO, H₂S, NO₂ INVECE DI ALTRI GAS?

La scelta di monitorare questi specifici gas non è casuale, ma deriva da un'attenta valutazione di diversi fattori: disponibilità tecnologica dei sensori, dimensioni compatibili con un dispositivo indossabile, rilevanza per la salute umana e copertura dei principali ambienti indoor e outdoor. I sensori di particolato (PM1, PM2.5, PM10) sono stati esclusi poiché richiedono ventole per il funzionamento e attualmente hanno dimensioni troppo elevate (minime 3-4 cm), rendendoli incompatibili con il dispositivo miniaturizzato. Inoltre, alcuni sensori per gas, come quelli per il radon e l'ozono, presentano ancora limiti tecnologici legati alla miniaturizzazione e al consumo energetico, rendendone difficile l'implementazione. Inoltre sebbene la CO₂ sia un indicatore della qualità dell'aria indoor e possa essere usata per valutare la ventilazione di un ambiente, non rappresenta un pericolo acuto per la salute in condizioni normali e la sua presenza non indica necessariamente la tossicità dell'aria, a differenza di gas più dannosi come il CO o il NO₂. L'ozono richiede sensori sofisticati che attualmente non sono facilmente miniaturizzabili, mentre il radon e il suo rilevamento richiede sensori di grande precisione e lunga durata, difficili da integrare in un dispositivo portatile. Perciò i gas scelti hanno un impatto diretto e significativo sulla salute umana, con effetti che spaziano dall'irritazione delle vie respiratorie a gravi patologie polmonari e cardiovascolari. Questa selezione dei gas garantisce un'ampia applicazione del dispositivo in contesti diversi:

ambienti domestici: VOC, CO, NH₃, ambienti urbani: NO₂,
CO, VOC, ambienti industriali: H₂S, NH₃, NO₂

1. COMPOSTI
ORGANICI VOLATILI
(VOC)

5. MONOSSIDO DI
CARBONIO (CO)

2. AMMONIACA
(NH₃)

3. DIOSSIDO DI
AZOTO (NO₂)

4. IDROGENO
SOLFORATO
(H₂S)

DALLA MISURAZIONE ALL'AZIONE: UN GIORNO CON IL DISPOSITIVO

ORARIO	INQUINANTI									
	H 8.00	H 8.30	H 9.00-13.00	H 14.00-18.00	H 18.10	H 18.20	H 20.00	H 20.30	H 23.30-8.00	
SICUREZZA										
ATTIVITA'	Svegliarsi, prepararsi	Prendere trasporto pubblico/privato per andare a lavoro	Lavoro in ufficio	Pausa pranzo a mensa/camminata post pranzo	Lavoro qualità reparto /varie aziende (ambiente industriale)	Uscire di lavoro e camminare per raggiungere palestra	Attività sportiva (palestra)	Prendere la macchina/trasporto pubblico per rientro a lavoro	Relax in casa, cucinare, accendere riscaldamenti (fuoco..)	Sonno
Punti di contatto	Ambiente indoor/domestico	Ambiente indoor/trasporto pubblico,	Ambiente indoor/lavorativo	Ambiente indoor/lavorativo e ambiente outdoor	Ambiente indoor/industriale	Ambiente outdoor	Ambiente indoor/ricreativo	Ambiente indoor/trasporto pubblico,	Ambiente indoor/domestico	Ambiente indoor/domestico
BISOGNI	Verificare ventilazione per iniziare la giornata con aria fresca	Rilevamento inquinanti	Ridurre l'affaticamento mentale, evitare cali di concentrazione	Rilevamento inquinanti	Evitare l'esposizione a sostanze nocive, garantire la protezione personale	Evitare zone altamente inquinate	Ottimizzazione della qualità dell'aria per massime prestazioni fisiche	Ridurre al minimo l'esposizione agli agenti inquinanti durante il viaggio	Evitare l'accumulo di gas nocivi durante la cottura e il riscaldamento domestico	Qualità dell'aria ottimale per un riposo rigenerante
DATI INPUT	Prevenzione L'ambiente interno è inquinato? Quali ambienti si frequenta la mattina? Ci sono inquinanti	Prevenzione	Presenza di VOC (attivazione LED viola + vibrazione + invio dati a app)	Presenza di NO2 (attivazione LED blu scuro + vibrazione + invio dati a app)	Presenza di NH3, H2S (attivazione LED verde + celeste vibrazione + invio dati a app)	Presenza di NO2 (attivazione LED blu scuro + vibrazione + invio dati a app)	Presenza di VOC (attivazione LED viola + vibrazione + invio dati a app)	Prevenz.	Presenza di CO (attivazione LED rosso + vibrazione + invio dati a app)	Prevenz.
STRUMENTAZIONE			Sensore VOC	Sensore NO2	Sensore NH3 Sensore H2S	Sensore NO2	Sensore		Sensore CO	
UTILITA' STRUMENTAZIONE	Suggerisce ventilazione per migliorare l'ossigenazione al risveglio, avvisa se l'aria è da cambiare	Identifica inquinanti pericolosi per la salute	Notifica quando la qualità dell'aria è scarsa	Rileva smog, gas tossici e emissioni nocive	Allerta immediata in caso di gas pericoloso, suggerisce l'uso della mascherina o un cambio di area di lavoro	Rileva smog, gas tossici e emissioni nocive	Avvisa se l'aria è troppo carica di inquinanti	Identifica inquinanti pericolosi per la salute	Allerta sulla presenza di CO per evitare l'avvelenamento, suggerisce l'apertura delle finestre durante la cottura	Analizza l'aria notturna e avvisa se l'aria non è ottimale

STORYBOARD ESPERIENZA

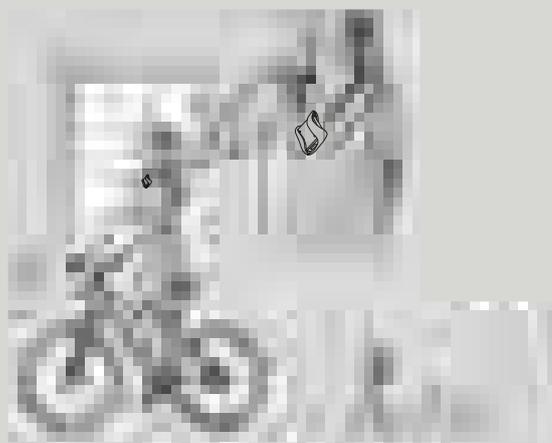
MATTINA (08:00 - Casa)

L'utente si sveglia e inizia la routine mattutina. Nel frattempo, il dispositivo analizza costantemente la qualità dell'aria indoor. Se vengono rilevati livelli elevati inquinanti indoor (come per esempio composti organici volatili (VOC), ammoniaca (NH₃) o monossido di carbonio (CO)), il sistema attiva un segnale visivo tramite un LED colorato specifico per ogni tipo di inquinante, accompagnato da una vibrazione per attirare immediatamente l'attenzione. Attraverso l'app, l'utente può visualizzare un'analisi dettagliata con dati sulle sostanze presenti e ricevere suggerimenti generici, come l'apertura delle finestre in determinate fasce orarie, l'attivazione di un purificatore d'aria, l'uso di piante depurative e filtri specifici...



MATTINA (09:00 - Percorso per il lavoro)

Uscendo di casa, l'utente sceglie il mezzo di trasporto più adatto: auto, bicicletta o mezzi pubblici. Il dispositivo continua a monitorare la qualità dell'aria e, se rileva una concentrazione elevata di inquinanti (esempio biossido di azoto..) invia un segnale visivo e aptico per segnalare il pericolo. A seconda del livello di inquinamento, l'app suggerisce precauzioni utili



MATTINA (10:00 - 13:00 - Lavoro in ufficio)

In ufficio, il dispositivo effettua rilevazioni rapide e frequenti (ogni 2 minuti si attiva per 10 secondi). Se vengono superate le soglie di sicurezza per VOC o altri inquinanti, l'utente riceve un feedback aptico e visivo, oltre a una notifica sull'app con suggerimenti pratici (migliorare la ventilazione, utilizzare dispositivi a basse emissioni o posizionare piante che assorbono le sostanze tossiche..)



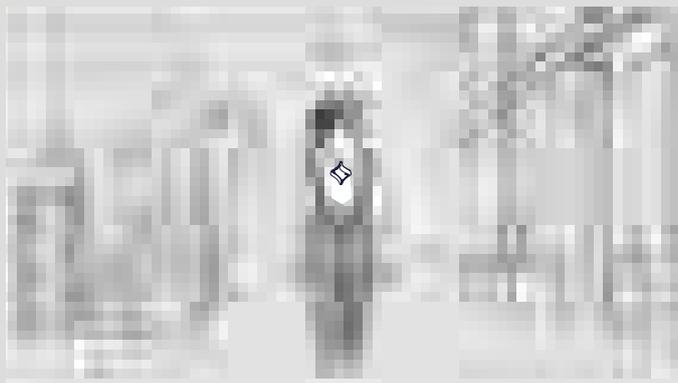
PAUSA PRANZO (13:00 - 14:00)

Durante la pausa pranzo, l'utente si sposta per mangiare in mensa o in un'area all'aperto. Se il dispositivo rileva una qualità dell'aria scadente, l'utente riceve avvisi generici (spostarsi in una zona più ventilata, evitare aree affollate, apertura delle finestre o la scelta di un posto meno congestionato..)



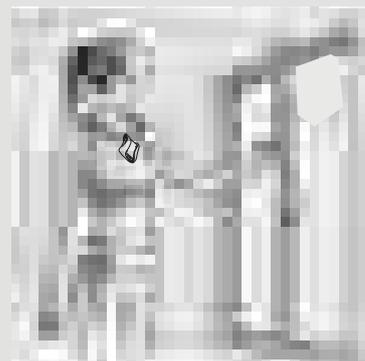
POMERIGGIO (15:00 - 18:00)

Se l'utente si sposta per incontri di lavoro o sopralluoghi in ambienti industriali o agricoli, il dispositivo adatta il monitoraggio in base alle specifiche sostanze presenti. In caso di esposizione a gas pericolosi come ammoniaca (NH₃) o idrogeno solforato (H₂S), il dispositivo emette un avviso immediato con dettagli sui rischi. L'utente riceve istruzioni su come proteggersi, tra cui l'uso di mascherine filtranti, l'allontanamento dalla zona a rischio o la segnalazione della situazione ai responsabili della sicurezza..



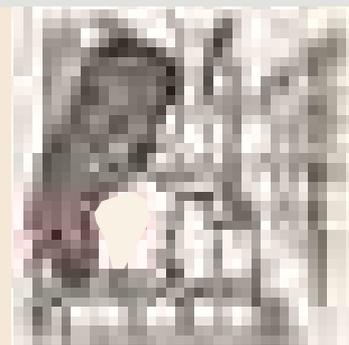
TARDO POMERIGGIO (18:10 - 20:00 - Attività fisica)

Dopo il lavoro, l'utente si reca in palestra o all'aperto per un'attività sportiva. Durante il tragitto, il dispositivo continua a monitorare l'aria e, se il livello di inquinanti è elevato, il LED si illumina e l'app suggerisce precauzioni generiche.



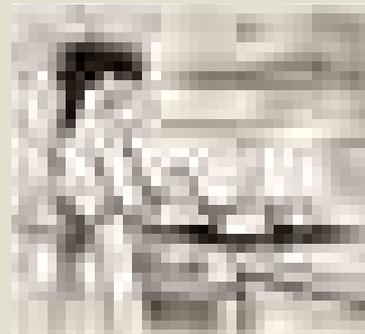
SERA (20:00 - Rientro a casa)

L'utente torna a casa utilizzando mezzi pubblici o privati. Se il dispositivo rileva una qualità dell'aria scadente, l'utente riceve avvisi generici



SERA (20:30 - Relax in casa)

Durante le attività serali, come cucinare o accendere il riscaldamento, il dispositivo monitora la qualità dell'aria per prevenire l'accumulo di CO e VOC. Se i livelli superano le soglie di sicurezza, l'utente riceve un feedback aptico e visivo per prevenire rischi di avvelenamento.

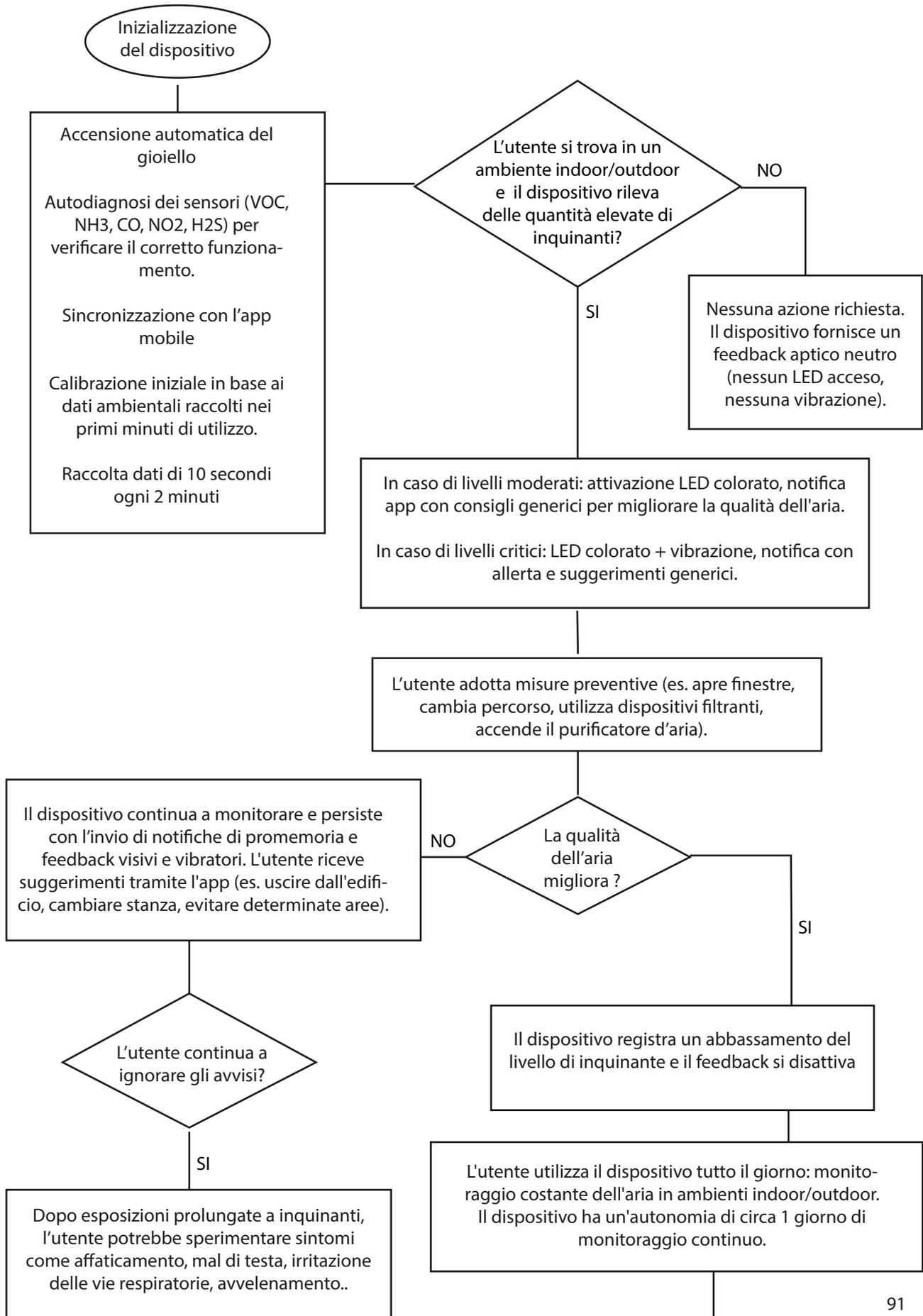


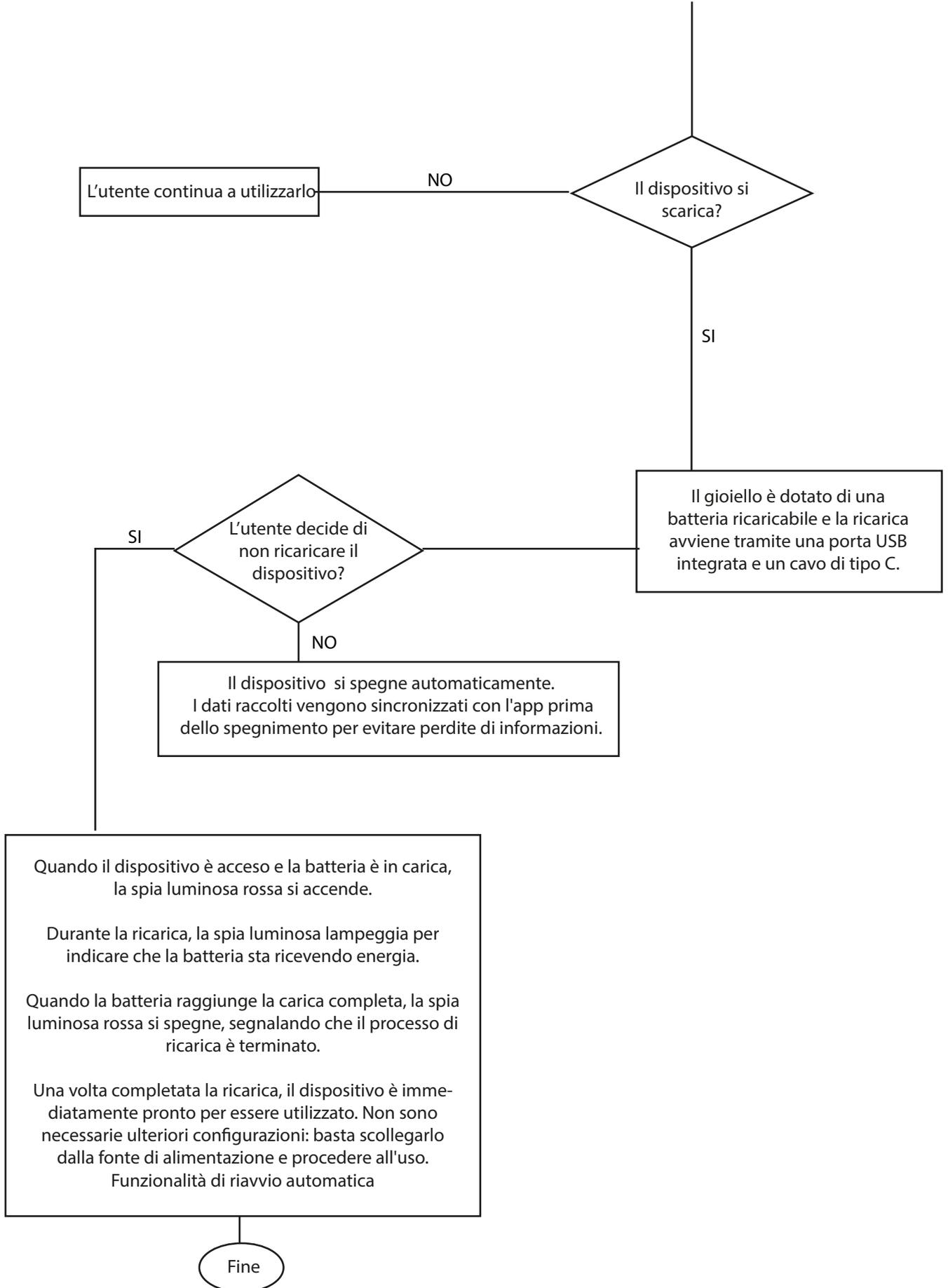
NOTTE (23:30 - 08:00 - Sonno)

Durante la notte, il dispositivo effettua un monitoraggio continuo della qualità dell'aria in camera da letto.



ALGORITMO ESPERIENZA





PIANIFICAZIONE E METODOLOGIA PROGETTUALE

Il presente capitolo descrive in dettaglio la pianificazione e la metodologia progettuale adottata per la realizzazione del gioiello tech.

La pianificazione del progetto ha previsto un approccio strutturato, suddividendo il lavoro in diverse fasi, ciascuna caratterizzata da obiettivi specifici, tempistiche ben definite e risorse dedicate. L'intero progetto ha avuto una durata complessiva di circa cinque mesi, articolati come segue:

Fase di Ricerca (1 mese)

La fase iniziale ha riguardato un'approfondita analisi delle principali fonti di inquinamento atmosferico, concentrandosi su inquinanti comuni come PM2.5, PM10, VOC (Composti Organici Volatili) e altri agenti nocivi. Sono state valutate le tecnologie di monitoraggio esistenti, analizzando sensori di ultima generazione per dimensioni, precisione e consumo energetico. Inoltre, è stato condotto uno studio sulle esigenze degli utenti finali attraverso sondaggi, interviste e focus group, con l'obiettivo di definire le funzionalità desiderate e le aspettative estetiche del prodotto.

Sviluppo del Concept (1 mese)

In questa fase è stato avviato il processo creativo per lo sviluppo del design del gioiello tech. Sono stati elaborati diversi concept, con un focus sull'integrazione dei sensori ambientali nel design estetico. Utilizzando software CAD avanzati come Altair Studio e rhino, sono stati creati modelli tridimensionali e render realistici per valutare le varie proposte progettuali. L'attenzione è stata posta anche sulla scelta dei materiali, privilegiando soluzioni leggere, anallergiche e resistenti.

Progettazione Tecnica (1 mese)

La fase di progettazione tecnica ha visto il coinvolgimento di ingegneri elettronici e designer industriali per la realizzazione dello schema elettronico e della struttura del dispositivo. Il gioiello è stato dotato di sensori ambientali miniaturizzati, un microcontrollore programmabile per l'elaborazione dei dati, una batteria ricaricabile e un modulo di connettività Bluetooth per la comunicazione con l'app mobile. È stato sviluppato un prototipo digitale che ha permesso di simulare il funzionamento del dispositivo e di testare virtualmente l'interazione tra hardware e software.

Prototipazione e Test (1 mese)

Il prototipo fisico è stato realizzato utilizzando tecniche di stampa 3D per la scocca esterna e interna e l'assemblaggio manuale dei componenti elettronici interni. Sono stati eseguiti test funzionali sia in azienda che in ambienti reali per verificare la precisione dei sensori, la durata della batteria e la robustezza del design. Il test sul campo ha incluso scenari quotidiani, come l'uso del dispositivo durante passeggiate, in ufficio e in ambienti domestici, per raccogliere dati sulla qualità dell'aria in contesti differenti.

Analisi dei Dati e Ottimizzazione del Prodotto (1 mese)

L'ultima fase ha previsto l'analisi dei dati raccolti tramite dashboard di monitoraggio sviluppate ad hoc. Sono stati utilizzati strumenti di data analytics per identificare eventuali criticità nelle misurazioni e valutare l'efficacia del dispositivo. Grazie al feedback degli utenti, è stato possibile migliorare qualche elemento di prodotto. Le ottimizzazioni hardware hanno riguardato la calibrazione dei sensori e il miglioramento dell'efficienza energetica.

DIAGRAMMA DI GANTT

La pianificazione delle attività è un processo fondamentale per l'identificazione, il sequenziamento e la gestione delle attività necessarie al completamento di un progetto. Questa fase è cruciale per garantire il rispetto delle tempistiche previste, il mantenimento del budget e l'uso efficiente delle risorse disponibili. Una pianificazione accurata permette di definire chiaramente chi fa cosa, quando e come, migliorando l'efficienza e l'efficacia complessiva del progetto. Il diagramma di Gantt è uno strumento di pianificazione e controllo ideato da Henry L. Gantt, ingegnere e consulente gestionale, agli inizi del XX secolo. Rappresenta graficamente le attività di un progetto lungo una linea temporale, fornendo una visione chiara dell'intero processo progettuale. Grazie alla sua capacità di rappresentare la programmazione delle attività e monitorare l'avanzamento del progetto, il diagramma di Gantt è ampiamente utilizzato in diversi settori, dalla gestione dei progetti industriali allo sviluppo software.

STRUTTURA DEL DIAGRAMMA DI GANTT

ATTIVITA' (Tasks): rappresentano le singole unità di lavoro che devono essere completate all'interno del progetto.

Ogni attività è caratterizzata da un nome, una descrizione dettagliata e un responsabile assegnato.

DURATA (giorni): Indica il tempo necessario per completare ciascuna attività, espresso solitamente in giorni lavorativi. La stima della durata può basarsi su esperienze pregresse, dati storici.

DATE DI INIZIO E FINE: ogni attività ha una data di inizio e una data di fine previste, che indicano quando l'attività dovrebbe iniziare e terminare. Queste date possono essere calcolate automaticamente dagli strumenti software di gestione dei progetti, in base alle dipendenze e alla durata delle attività.

DIPENDENZE/PROPEDEUTICITA'

Rappresentano le relazioni tra le attività. Alcune attività devono essere completate prima che altre possano iniziare.

Le principali tipologie di dipendenze includono:

Finish to Start (FS): un'attività può iniziare solo quando la precedente è terminata.

Start to Start (SS): un'attività può iniziare solo quando un'altra attività è iniziata.

Finish to Finish (FF): un'attività può terminare solo quando un'altra attività è terminata.

Start to Finish (SF): un'attività può terminare solo quando un'altra attività è iniziata (raro).

BARRE DEL GANTT

Le attività sono rappresentate come barre orizzontali lungo una linea temporale. La lunghezza della barra riflette la durata dell'attività, mentre la posizione indica le date di inizio e fine. Le barre possono anche includere colori diversi per rappresentare le fasi del progetto o il livello di completamento.

PUNTI DI FORZA

1. Fornisce una visione immediata delle attività programmate, della loro sequenza e delle relazioni tra di esse.
2. Facilita il monitoraggio dei progressi rispetto alla pianificazione originale, evidenziando eventuali ritardi.
3. Aiuta nella gestione delle attività del team, assicurando che tutti sappiano cosa fare e quando farlo.
4. Rende evidenti le relazioni tra le attività, aiutando a prevenire colli di bottiglia e identificare le attività critiche.
5. È uno strumento efficace per comunicare lo stato di avanzamento del progetto agli stakeholder, garantendo trasparenza e chiarezza.
6. Permette di simulare scenari alternativi in caso di modifiche al piano di progetto.

CRITICITÀ

1. Può diventare difficile da gestire per progetti molto grandi o complessi.
2. Non sempre adatta a progetti con alta variabilità o in ambienti dinamici.
3. Non offre una gestione dettagliata delle risorse rispetto a strumenti più specifici (ad esempio, diagrammi di carico risorse o strumenti ERP).
4. Può risultare meno adatto in contesti agili o dove le priorità cambiano frequentemente.

DIAGRAMMA DI GAANT-TABELLA DELLE ATTIVITA'

Inizio attività: 01/11/2024
fine attività: 10/04/2025

ATTIVITA'	DATA INIZIO	DATA FINE	DURATA
1. RICERCA E ANALISI INIZIALE			
Analisi delle principali fonti di inquinamento atmosferico in Italia ed Europa	01/11/2024	02/11/2024	2
Raccolta di dati statistici sull'inquinamento atmosferico tramite fonti istituzionali	03/11/2024	04/11/2024	2
Studio delle normative europee e italiane	05/11/2024	06/11/2024	2
Valutazione degli effetti dell'inquinamento atmosferico sulla salute pubblica	07/11/2024	08/11/2024	2
Confronto tra i livelli di inquinamento indoor e outdoor nelle principali città italiane	09/11/2024	10/11/2024	2
Identificazione dei principali inquinanti atmosferici	11/11/2024	12/11/2024	2
Esame dei metodi di monitoraggio della qualità dell'aria attualmente utilizzati	13/11/2024	14/11/2024	2
Analisi delle principali fonti di inquinamento indoor e outdoor	15/11/2024	16/11/2024	2
Studio dei costi economici associati all'inquinamento dell'aria	17/11/2024	18/11/2024	2
2. ANALISI DI MERCATO E STUDIO DEGLI UTENTI			
Analisi di mercato per le tendenze dei gioielli tecnologici	19/11/2024	20/11/2024	2
Studio delle esigenze degli utenti finali tramite interviste, sondaggi e focus group	21/11/2024	22/11/2024	2
Identificazione dei concorrenti nel mercato dei dispositivi indossabili per la qualità dell'aria	23/11/2024	24/11/2024	2
Definizione del target di mercato	25/11/2024	26/11/2024	2
3. PROGETTAZIONE DEL PRODOTTO			
Definizione degli obiettivi del progetto	27/11/2024	30/11/2024	4
Sviluppo del concept creativo del gioiello	01/12/2024	10/12/2024	10
Valutazione delle tecnologie indossabili disponibili	11/12/2024	16/12/2024	6
Brainstorming sulle funzionalità innovative del prodotto	17/12/2024	21/12/2024	5
Creazione di moodboard e ispirazioni visive per definire il design del gioiello	22/12/2024	23/12/2024	2
Sviluppo di scenari d'uso realistici	24/12/2024	25/12/2024	2
Definizione delle caratteristiche tecniche e funzionali del dispositivo	26/12/2024	31/12/2024	5
4. SVILUPPO TECNICO			
Raccolta dei requisiti hardware e software	01/01/2025	03/01/2025	3
Stesura delle specifiche tecniche dettagliate	04/01/2025	06/01/2025	3
Progettazione del design fisico del gioiello, tramite software CAD	07/01/2025	09/01/2025	3
Selezione dei materiali adatti	10/01/2025	12/01/2025	3
Progettazione del circuito elettronico, scelta della scheda di sviluppo e del microcontrollore	13/01/2025	15/01/2025	3
Integrazione dei sensori ambientali	16/01/2025	18/01/2025	3
Progettazione del sistema di alimentazione	19/01/2025	21/01/2025	3
Sviluppo del firmware per il microcontrollore	22/01/2025	24/01/2025	3
Progettazione dell'app mobile e creazione dell'interfaccia utente, inclusa l'elaborazione del logo	25/01/2025	31/01/2025	6
5. PROTOTIPAZIONE E TEST			
Creazione di un prototipo fisico	01/02/2025	07/02/2025	7
Test del software su simulatori per identificare bug e migliorare l'esperienza utente	08/02/2025	11/02/2025	4
Assemblaggio del prototipo hardware e integrazione con il software	12/02/2025	14/02/2025	3
Esecuzione di test funzionali e prestazionali	15/02/2025	17/02/2025	3
Test di usabilità con utenti reali, raccogliendo feedback e apportando modifiche al design	18/02/2025	20/02/2025	3
Valutazione della precisione dei sensori tramite confronti con strumenti professionali	21/02/2025	23/02/2025	3
Verifica della resistenza del gioiello a condizioni ambientali variabili	24/02/2025	26/02/2025	3
Test di conformità con le normative di sicurezza per i dispositivi indossabili	27/02/2025	28/02/2025	2
6. ANALISI DEI DATI E OTTIMIZZAZIONE			
Visualizzazione dei risultati tramite grafici e dashboard	01/03/2025	03/03/2025	3
Monitoraggio a lungo termine delle prestazioni del dispositivo, identificando eventuali criticità	04/03/2025	06/03/2025	3
Implementazione di aggiornamenti software, basati sui dati raccolti	07/03/2025	09/03/2025	3
Ottimizzazione delle prestazioni del dispositivo	10/03/2025	12/03/2025	3
7. REDAZIONE DELLA TESI E PRESENTAZIONE			
Stesura dell'introduzione e degli obiettivi della ricerca	13/03/2025	15/03/2025	3
Descrizione dettagliata della metodologia utilizzata	16/03/2025	18/03/2025	3
Documentazione del processo di sviluppo	19/03/2025	21/03/2025	3
Analisi critica dei risultati ottenuti	22/03/2025	24/03/2025	3
Elaborazione delle conclusioni e delle prospettive future	25/03/2025	27/03/2025	3
Formattazione della tesi secondo le linee guida universitarie	28/03/2025	29/03/2025	2
Organizzazione delle fonti bibliografiche e sitografiche	30/03/2025	31/03/2025	2
Preparazione della presentazione per la discussione della tesi	01/04/2025	09/04/2025	9
Discussione della tesi davanti commissione	10/04/2025	10/04/2025	1

	01/11/2024	01/12/2024	01/01/2025	01/02/2025	01/03/2025	01/04/2025	10/04/2025
1. RICERCA E ANALISI INIZIALE							
Analisi delle principali fonti di inquinamento atmosferico in Italia ed Europa							
Raccolta di dati statistici sull'inquinamento atmosferico tramite fonti istituzionali	■						
Studio delle normative europee e italiane	■						
Valutazione degli effetti dell'inquinamento atmosferico sulla salute pubblica	■						
Confronto tra i livelli di inquinamento indoor e outdoor nelle principali città italiane	■						
Identificazione dei principali inquinanti atmosferici	■						
Esame dei metodi di monitoraggio della qualità dell'aria attualmente utilizzati	■						
Analisi delle principali fonti di inquinamento indoor e outdoor	■						
Studio dei costi economici associati all'inquinamento dell'aria	■						
2. ANALISI DI MERCATO E STUDIO DEGLI UTENTI							
Analisi di mercato per le tendenze dei gioielli tecnologici							
Studio delle esigenze degli utenti finali tramite interviste, sondaggi e focus group	■						
Identificazione dei concorrenti nel mercato dei dispositivi indossabili per la qualità dell'aria	■						
Definizione del target di mercato	■						
3. PROGETTAZIONE DEL PRODOTTO							
Definizione degli obiettivi del progetto							
Sviluppo del concept creativo del gioiello		■					
Valutazione delle tecnologie indossabili disponibili		■					
Brainstorming sulle funzionalità innovative del prodotto		■					
Creazione di moodboard e ispirazioni visive per definire il design del gioiello		■					
Sviluppo di scenari d'uso realistici		■					
Definizione delle caratteristiche tecniche e funzionali del dispositivo		■					
4. SVILUPPO TECNICO							
Raccolta dei requisiti hardware e software							
Stesura delle specifiche tecniche dettagliate			■				
Progettazione del design fisico del gioiello, tramite software CAD			■				
Selezione dei materiali adatti			■				
Progettazione del circuito elettronico, scelta della scheda di sviluppo e del microcontrollore			■				
Integrazione dei sensori ambientali			■				
Progettazione del sistema di alimentazione			■				
Sviluppo del firmware per il microcontrollore			■				
Progettazione dell'app mobile e creazione dell'interfaccia utente, inclusa l'elaborazione del logo			■				
5. PROTOTIPAZIONE E TEST							
Creazione di un prototipo fisico							
Test del software su simulatori per identificare bug e migliorare l'esperienza utente				■			
Assemblaggio del prototipo hardware e integrazione con il software				■			
Esecuzione di test funzionali e prestazionali				■			
Test di usabilità con utenti reali, raccogliendo feedback e apportando modifiche al design				■			
Valutazione della precisione dei sensori tramite confronti con strumenti professionali				■			
Verifica della resistenza del gioiello a condizioni ambientali variabili				■			
Test di conformità con le normative di sicurezza per i dispositivi indossabili				■			
6. ANALISI DEI DATI E OTTIMIZZAZIONE							
Visualizzazione dei risultati tramite grafici e dashboard							
Monitoraggio a lungo termine delle prestazioni del dispositivo, identificando eventuali criticità					■		
Implementazione di aggiornamenti software, basati sui dati raccolti					■		
Ottimizzazione delle prestazioni del dispositivo					■		
7. REDAZIONE DELLA TESI E PRESENTAZIONE							
Stesura dell'introduzione e degli obiettivi della ricerca							
Descrizione dettagliata della metodologia utilizzata					■		
Documentazione del processo di sviluppo					■		
Analisi critica dei risultati ottenuti					■		
Elaborazione delle conclusioni e delle prospettive future					■		
Formattazione della tesi secondo le linee guida universitarie					■		
Organizzazione delle fonti bibliografiche e sitografiche					■		
Preparazione della presentazione per la discussione della tesi						■	
Discussione della tesi davanti commissione							■

TABELLA DEI REQUISITI HARDWARE/SOFTWARE			
ID	NOME	DESCRIZIONE	PRIORITA'
R01	Rilevamento	Il dispositivo deve monitorare VOC, NH3, CO, NO2 e altri gas inquinanti.	Alta
R02	Connessione	Il dispositivo deve sincronizzarsi con un'app mobile per il monitoraggio e l'archiviazione dei dati.	Alta
R03	Alimentazione	Il dispositivo deve poter essere ricaricabile.	Alta
R04	Accensione e spegnimento	Il dispositivo deve accendersi e spegnersi in maniera manuale.	Alta
R05	Grado di protezione IP65	Il dispositivo deve essere resistente all'umidità, polvere e getti d'acqua a bassa pressione.	Media
R06	Ricarica	Il dispositivo deve essere munito di una porta per poter essere ricaricato facilmente.	Alta
R07	LED	I LED devono essere visibili in tutte le condizioni di illuminazione e avere consumo ridotto.	Media
R08	Elettronica	L'elettronica deve essere disposta nel modo più compatto possibile.	Alta
R09	Ergonomia	Il design del dispositivo deve garantire comfort per l'uso prolungato senza irritazioni.	Alta
R10	Feedback visivo	LED con colore diverso per ogni tipo di inquinante.	Alta
R11	Sistema alert	Intensità e tipologie di notifiche differenti per segnalare livelli di inquinamento.	Alta
R12	Sincronizzazione cloud	I dati devono essere salvati su cloud per consentire accesso remoto e storico dei dati.	Media
R13	Modalità risparmio energetico	Il microprocessore deve essere impostato per ridurre il consumo energetico.	Alta
R14	Notifiche d'emergenza	Invio notifiche e vibrazione in caso di superamento soglie critiche.	Alta
R15	Notifiche comportamentali	Il dispositivo deve poter inviare notifiche di comportamento generiche tramite app.	Alta
R16	Materiali durevoli e ecosostenibili	Il dispositivo deve essere realizzato con materiali a basso impatto ambientale.	Alta
R17	Protezione dati e privacy	I dati raccolti devono essere crittografati.	Alta
R18	App	Visualizzazione dello storico dei dati sulla qualità dell'aria.	Alta
R19	Compatibilità app	Compatibile con i principali sistemi operativi mobile.	Alta
R20	Resistenza a diverse temp.	Il dispositivo deve operare in un range termico ampio.	Alta

TABELLA DEI REQUISITI HARDWARE/SOFTWARE			
ID	NOME	DESCRIZIONE	PRIORITA'
R21	Manutenzione minima	Il dispositivo deve richiedere poca manutenzione.	Alta
R22	Durata dispositivo	Deve garantire una vita utile di almeno 5 anni.	Alta
R23	Sostituzione parte elettronica	Deve poter essere sostituita quando i sensori diventano obsoleti.	Alta
R24	Indicatore stato batteria	Il dispositivo deve mostrare il livello di carica.	Alta
R25	Tecnologia connettività device-app	Comunicazione diretta con l'app.	Media
R26	Autodiagnosi	Il dispositivo deve poter segnalare malfunzionamenti.	Alta
R27	Resistenza agli urti	il dispositivo deve essere in grado di resistere a cadute accidentali e urti moderati.	Media
R28	Backup dati	dati devono poter essere salvati automaticamente su cloud o localmente su un dispositivo mobile.	Alta
R29	Resistenza corrosione	i materiali utilizzati devono essere resistenti alla corrosione causata da esposizione prolungata ad agenti atmosferici o chimici.	Alta
R30	Bassa emissione elettromagnetica	il dispositivo deve rispettare le normative sulle emissioni elettromagnetiche per garantire la sicurezza dell'utente.	Alta
R31	Aggiornamento firmware OTA	il dispositivo deve supportare l'aggiornamento del firmware tramite l'app o il cloud senza necessità di copertura completa.	Alta
R32	Protezione x interferenze elettromagnetiche	il dispositivo deve funzionare correttamente anche in ambienti con forti campi elettromagnetici.	Media
R33	Peso	l'oggetto non deve essere eccessivamente pesante considerando sia l'elettronica che la scocca esterna.	Alta
R34	Dimensioni	Le dimensioni per un pendente indossato come una collana non devono essere eccessive	Alta
R35	Usabilità continua del gioiello	il gioiello deve poter essere utilizzato sempre e in qualsiasi momento.	Alta
R36	Silenziatore notifiche	l'utente deve poter disattivare le notifiche con un semplice tocco.	Alta
R37	Foro USB-C	il dispositivo non deve avere il foro della porta USB-C aperto e visibile	Alta

TABELLA DEI REQUISITI HARDWARE/SOFTWARE

ID	NOME	DESCRIZIONE	PRIORITA'
R38	Ingresso inquinanti	il dispositivo deve permettere il rilevamento degli inquinanti.	Alta
R39	Pulsante reset	il dispositivo deve poter essere resettato manualmente.	Alta
R40	Visibilità LED	i LED devono essere immediatamente visibili.	Alta
R41	Occlusione	I fori e le porte devono essere accessibili e visibili.	Alta
R42	Sistema a incastro	La parte elettronica deve rimanere salda all'interno della scocca.	Media
R43	Sistema apribile e ruotabile	il dispositivo deve potersi aprire e chiudere facilmente.	Alta
R44	Logo	il dispositivo deve avere un logo distintivo.	Media
R45	Indossabilità	La catena deve essere regolabile.	Alta
R46	Versatilità di stile	il gioiello deve adattarsi a diverse occasioni.	Alta
R47	Tipologia catena	La catena deve essere unisex.	Alta
R48	Mappa visiva	Aiutare l'utente a ricordare i colori degli inquinanti.	Alta
R49	Brosway	Collaborazione con Brosway.	Media
R50	Alloggiamento LED	Il sistema deve bloccare il LED in posizione.	Alta
R51	Alloggiamento motorino	il sistema di chiusura deve restare fisso ma con libertà di movimento.	Alta
R52	Alloggiamento foglio nickel	Il foglio nickel deve essere visibile e accessibile.	Alta
R53	Sansevieria	La scocca esterna deve richiamare alla forma/texture della Sansevieria.	Alta
R54	Preziosità gioiello	Il gioiello deve avere un aspetto elegante.	Alta

TABELLA SVILUPPO DEI REQUISITI HARDWARE/SOFTWARE

ID	NOME	DESCRIZIONE	PRIORITA'
R01	Sviluppo rilevamento	Il dispositivo utilizza sensori ambientali DFRobot ad alta sensibilità, in grado di rilevare concentrazioni minime di VOC, NH3, CO e NO2 con una precisione inferiore al 5%. I dati vengono elaborati in tempo reale dal microcontrollore per fornire aggiornamenti costanti sulla qualità dell'aria.	Alta
R02	Sviluppo connessione	La connessione tra dispositivo e app avviene tramite Bluetooth Low Energy (BLE) per il trasferimento dati in tempo reale e Wi-Fi per l'upload automatico sul cloud.	Alta
R03	Sviluppo alimentazione	Il dispositivo utilizza una batteria ricaricabile Li-Po da 400 mAh con tensione operativa di 3,7V, garantendo un'autonomia di almeno 24 ore in modalità standard.	Alta
R04	Sviluppo accensione e spegnimento	L'accensione e lo spegnimento avvengono mediante pressione su un foglio di nickel sensibile alla pressione, che attiva un interruttore elettronico interno.	Media
R05	Sviluppo grado di protezione IP65	La protezione è garantita dall'uso di un tessuto Gore-Tex, che impedisce l'ingresso dell'acqua mantenendo la traspirabilità necessaria per il passaggio degli inquinanti ai sensori.	Alta
R06	Sviluppo ricarica	Il dispositivo utilizza una porta USB-C con supporto alla ricarica rapida.	Alta
R07	Sviluppo LED	Sono utilizzati LED Neopixel WS2812B con un consumo medio di 18 mA per LED e una luminosità di circa 5050 mcd, garantendo visibilità ottimale in ogni condizione.	Alta
R08	Sviluppo elettronica	Il layout del PCB è stato ottimizzato per garantire un ingombro minimo, migliorando l'efficienza dello spazio interno.	Alta
R09	Sviluppo ergonomia	Il dispositivo ha forme arrotondate, privo di spigoli vivi e con superfici lisce per evitare attriti e irritazioni a contatto con la pelle.	Media
R10	Sviluppo feedback visivo	Neopixel programmato per emettere diversi colori: blu per NO2, viola per VOC, verde per NH3, rosso per CO, celeste per H2S.	Alta
R11	Sviluppo sistema alert	Nessun LED acceso e nessuna vibrazione x livelli normali. LED acceso ma senza vibrazione per livello moderato. LED lampeggiante con vibrazione per livello critico.	Alta
R12	Sviluppo sincronizzazione cloud	Sincronizzazione automatica dei dati su cloud con accesso protetto via app.	Alta
R13	Sviluppo modalità risparmio energetico	Modalità deep sleep con rilevamento attivo per 10 secondi ogni 2 minuti, consumo ridotto a 3,8V / 14µA.	Alta

TABELLA SVILUPPO DEI REQUISITI HARDWARE/SOFTWARE

ID	NOME	DESCRIZIONE	PRIORITA'
R14	Sviluppo notifiche d'emergenza	Quando i livelli di inquinamento superano le soglie critiche, vengono inviate notifiche push all'app, ad esempio: "Attenzione! Alta concentrazione di CO rilevata. Aprire finestre e ventilare la zona." Il motore di vibrazione aumenta l'intensità per avvisi prioritari.	Alta
R15	Sviluppo notifiche comportam.	Notifiche periodiche su esposizione all'inquinamento e suggerimenti per ridurre l'impatto ambientale.	Alta
R16	Sviluppo materiali durevoli e ecos.	Il dispositivo è realizzato in ottone riciclato con finiture atossiche e sostenibili.	Alta
R17	Sviluppo protezione dati e privacy	I dati vengono crittografati con standard AES-256 e trasmessi in modo sicuro tramite protocolli HTTPS.	Alta
R18	Sviluppo app	Oltre allo storico dati, offre notifiche in tempo reale, report personalizzati e suggerimenti ambientali.	Media
R19	Sviluppo compatibilità app	Supporto per iOS e Android con interfaccia ottimizzata.	Alta
R20	Sviluppo resistenza a diverse temp.	Funzionamento garantito tra -10°C e +50°C.	Alta
R22	Sviluppo manutenzione minima	Struttura apribile con componenti sostituibili da un tecnico specializzato.	Alta
R23	Sviluppo durata dispositivo	Componenti e scocca progettati per durare almeno 5 anni senza compromissione delle prestazioni.	Alta
R24	Sviluppo sostituzione elettronica	Struttura con scocca esterna ruotabile e incastro maschio-femmina per facile sostituzione.	Alta
R25	Sviluppo indicatore stato batteria	Stato batteria indicato da LED con diversi colori.	Media
R26	Sviluppo tecnologia connettività	Connessione tramite Bluetooth BLE e Wi-Fi.	Alta
R27	Sviluppo autodiagnosi	Diagnosi automatica periodica con segnalazione di errori via app.	Alta

TABELLA SVILUPPO DEI REQUISITI HARDWARE/SOFTWARE			
ID	NOME	DESCRIZIONE	PRIORITA'
R28	Sviluppo resistenza agli urti	la struttura esterna è realizzata in ottone Ecobrace, un materiale altamente resistente agli impatti e alla deformazione. Inoltre, i componenti interni sono protetti da un sistema di ammortizzazione in silicone per assorbire gli urti e prevenire danni alla circuiteria.	Alta
R29	Sviluppo backup dati	il dispositivo integra un sistema di sincronizzazione automatica con il cloud tramite connessione Bluetooth e Wi-Fi. In alternativa, è possibile effettuare un backup locale tramite l'app dedicata, con opzione di esportazione in formato compatibile con altri dispositivi.	Alta
R30	Sviluppo resistenza alla corrosione	la scocca è costruita in ottone Ecobrace con un trattamento superficiale PVD per aumentare la resistenza a umidità, sudore e sostanze chimiche aggressive, garantendo una maggiore durata nel tempo.	Alta
R31	Sviluppo bassa emissione elettromagnetica	il dispositivo è conforme alle normative europee CE e americane FCC sulle emissioni elettromagnetiche, garantendo una schermatura adeguata delle componenti elettroniche per ridurre al minimo le interferenze.	Alta
R32	Sviluppo aggiornamento firmware	il sistema OTA permette l'aggiornamento del firmware in modalità wireless tramite l'app ufficiale, utilizzando connessioni sicure e verificando l'integrità dei pacchetti prima dell'installazione.	Media
R33	Sviluppo protezione x interferenze elettromagnetiche	è stata inserita una schermatura in rame nella scocca interna per minimizzare le interferenze elettromagnetiche, migliorando la stabilità del segnale e la precisione dei sensori.	Alta
R34	Sviluppo peso	il peso totale è di circa 120 grammi, suddiviso in 100 grammi per la scocca esterna e 20 grammi per la componente elettronica, garantendo un equilibrio tra robustezza e comfort.	Media
R35	Sviluppo dimensioni	il dispositivo ha una dimensione totale di circa 6 cm x 7 cm, risultando ergonomico e adatto all'uso quotidiano.	Alta
R36	Sviluppo usabilità continua	il modulo elettronico è separato dalla scocca esterna, permettendo di ricaricarlo senza dover rimuovere il gioiello.	Alta
R37	Sviluppo silenziatore notifiche	attraverso una striscia in nickel integrata, l'utente può toccare la superficie metallica per attivare o disattivare le notifiche.	Alta
R38	Sviluppo tappo per chiusura foro USB-C	è previsto un tappo in plastica removibile per proteggere la porta USB-C da polvere e umidità.	Alta

TABELLA SVILUPPO DEI REQUISITI HARDWARE/SOFTWARE

ID	NOME	DESCRIZIONE	PRIORITA'
	Sviluppo ingresso inquinanti	sono stati realizzati micro-fori con un pattern ispirato alla struttura cellulare della foglia di Sansevieria per garantire un flusso d'aria ottimale.	Alta
	Sviluppo pulsante reset	un piccolo pulsante reset, accessibile con un ago di circa 1 mm, consente il ripristino dopo una pressione di 5 secondi.	Alta
	Sviluppo visibilità	i LED sono posizionati frontalmente per essere facilmente visibili quando l'utente abbassa lo sguardo.	Alta
	Sviluppo occlusione	tutti i fori sono stati posizionati lateralmente in aree libere dalla copertura della struttura esterna.	Alta
	Sviluppo sistema a incastro:	incastro maschio-femmina con blocco a scatto che produce un "click" di sicurezza.	Media
	Sviluppo sistema apribile/ruotabile	snodo di rotazione con perno di connessione e blocco semisferico, oltre a due anelli di sicurezza.	Alta
	Sviluppo logo	il logo combina tre simboli: la foglia di Sansevieria, la tecnologia e uno scudo per rappresentare protezione e innovazione.	Media
	Sviluppo lunghezza catena	la catena ha una lunghezza di 80 cm (50 cm + 30 cm di regolazione).	Alta
	Sviluppo versatilità di stile	design minimalista per adattarsi a diversi outfit, dal casual allo streetwear fino all'elegante.	Alta
	Sviluppo tipologia catena	verrà utilizzata una catena a corda con design neutro.	Alta
	Sviluppo mappa visiva	targhetta metallica con cerchi colorati e abbreviazioni degli inquinanti.	Media
	Sviluppo Brosway	il logo Brosway sarà inciso sulla parte frontale della targhetta metallica.	Alta
	Sviluppo alloggiamento LED	alloggiamento a misura per Neopixel con blocco a scatto.	Alta
	Sviluppo alloggiamento motorino	sistema di sospensione per garantire la rotazione senza ostacoli.	Alta
	Sviluppo alloggiamento foglio nickel	fori di 0,5 x 5 mm per garantire la visibilità.	Alta
	Sviluppo sansevieria	bordi lucidi in ottone e interno satinato.	Media
	Sviluppo preziosità gioiello	pavè di cristalli nella scocca, con esclusione delle parti forate.	Alta

COMPONENTI SCOCCA ESTERNA

catena a corda

doppio anello a
incastro per far
passare la catena

tappo per
chiusura
porta
ricarica
USB-C

Forellini che riprendono la forma dell'epidermide della foglia della Sansevieria vista al microscopio. Servono per far passare l'aria e per non far surriscaldare troppo l'ambiente elettronico

foro per neopixel,
inserito nella parte
frontale così che l'utente
può percepirlo
facilmente

perno per far ruotare e aprire la
struttura esterna (foglie)

fori per pulsante reset
e led batteria

Scocca esterna a forma di
foglia di Sansevieria

Scocca interna a forma di rombo:
funge da alloggiamento per tutti i
componenti elettronici

Fori per contenere elemento nickel

COMPONENTI PARTE ELETTRONICA

Motorino – Feedback aptico: se il livello degli inquinanti supera una soglia critica, il dispositivo attiva un sistema di vibrazione per allertare l'utente con un feedback immediato. Questa funzionalità garantisce un avviso efficace anche in ambienti rumorosi o quando l'utente non può vedere il segnale luminoso.

Elemento in nichel puro – Funzione di silenziamento: consente di disattivare rapidamente gli avvisi (vibrazione e illuminazione Neopixel) con un semplice tocco. Questa funzione è utile in situazioni in cui l'utente desidera evitare notifiche continue quando i livelli di inquinamento restano elevati per un periodo prolungato.

Neopixel – Feedback visivo: quando vengono rilevati livelli moderati-critici di inquinanti nell'aria, i LED si illuminano con colori specifici per avvisare l'utente

5 sensori ambientali (3 inseriti parte frontale, 2 nella parte retro del pcb)

Batteria Lipo

Microprocessore

Interruttore di reset: per garantire un rapido ripristino del sistema in caso di necessità, senza dover ricorrere a procedure complesse.

PCB (Circuito Stampato): su cui sono montati tutti i componenti e i collegamenti elettrici necessari al corretto funzionamento.

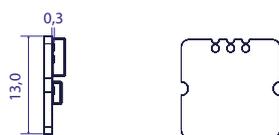
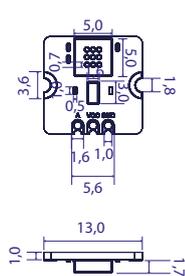
Porta di ricarica USB

SCelta DEI COMPONENTI COMMERCIALI, TIPOLOGIA E CRITERI DI SELEZIONE

I sensori scelti per il progetto sono elettrochimici basati su tecnologia MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems). Questa tecnologia combina componenti meccanici, elettronici e sensori su un singolo chip, rendendola particolarmente adatta per dispositivi di piccole dimensioni, come un gioiello indossabile. Questi sensori MEMS hanno un basso Consumo Energetico (<20 mA), aspetto importante per i dispositivi indossabili alimentati a batteria, offrono una risposta rapida ai cambiamenti ambientali, garantendo una misurazione in tempo reale della qualità dell'aria circostante e inoltre possono rilevare sia basse che alte concentrazioni di gas, rendendoli adatti a diverse condizioni ambientali. Lunga Durata (stimata ≥ 5 anni) riduce la necessità di manutenzione frequente, aumentando l'affidabilità complessiva del dispositivo. Le dimensioni ridotte ((13x13x2,5 mm) facilitano l'integrazione all'interno del design del gioiello, mantenendo un profilo sottile e leggero e richiedono una tensione di alimentazione più bassa (3.3 V) rispetto ai classici 5 V e ciò contribuisce ulteriormente all'efficienza energetica. DFRobot è un'azienda cinese rinomata per la produzione di hardware open-source, moduli sensori e soluzioni IoT (Internet of Things). Con dimensioni ultra-ridotte di 21 x 17,8 mm , il XIAO ESP32S3 si adatta perfettamente ai requisiti dei dispositivi indossabili. Il fattore di forma compatto consente di ottimizzare lo spazio all'interno del dispositivo, lasciando margine per l'integrazione di altri componenti essenziali, come sensori ambientali, batterie miniaturizzate e moduli di feedback aptico. Il supporto alla connettività Wi-Fi 2,4 GHz e Bluetooth 5.0 , inclusa la funzionalità Bluetooth Mesh , offre numerose possibilità per l'interazione con smartphone, dispositivi IoT e reti di sensori per trasmissione dati in tempo reale. Inoltre questo microprocessore supporta diversi modelli di risparmio energetico: (Modem-sleep, Light-sleep, Deep Sleep) consentono di ottimizzare il consumo, con il modello Deep Sleep che consuma solo 14 μ A . L'implementazione di algoritmi di attivazione di eventi specifici, come il movimento o la ricezione di segnali Bluetooth, consente di prolungare ulteriormente la durata della batteria, rendendo il dispositivo più pratico e affidabile nell'uso quotidiano. Questo è particolarmente utile durante i periodi di inattività del dispositivo. La compatibilità con ambienti di sviluppo come Arduino IDE o PlatformIO semplifica la programmazione e il debugging.



SENSORI PER RILEVAMENTO INQUINANTI



SCALA 1.1
misure in mm



1. Sensore di Ammoniaca (NH₃) - DFrobot

<https://www.dfrobot.com/product-2706.html>

Modello: Gravity: Electrochemical NH₃ Sensor (SKU: SEN0468)

Gas rilevato: Ammoniaca (NH₃)

Campo di rilevamento: 1-300 ppm

Tensione di funzionamento: 3,3-5 V

Corrente di funzionamento: < 20mA

Segnale di uscita: tensione analogica

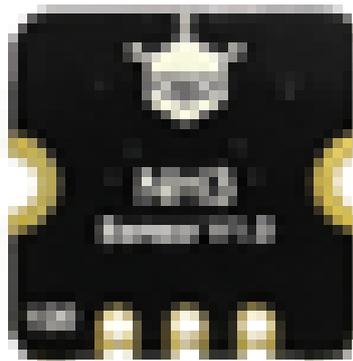
Sensibilità: $R_0(\text{in aria})/R_s(\text{in } 50\text{ppm NH}_3) \geq 3$

Temperatura di esercizio: -10-50°C

Umidità di esercizio: 15-90%RH (senza condensa)

Durata: ≥ 5 anni (in aria)

Dimensioni: 13x13 x 2,5 mm/0,051x0,51x0,1"



2. Sensore di Monossido di Carbonio (CO) - DFrobot

<https://www.dfrobot.com/product-2697.html>

Modello: Gravity: Electrochemical CO Sensor (SKU: SEN0463)

Dimensioni compatte, misura solo 13*13*2,5 mm

Basso consumo energetico

Elevata sensibilità e rapido recupero della risposta

Tecnologia MEMS avanzata

Gas rilevato: CO

Campo di rilevamento: 5-5000 ppm

Tensione di funzionamento: 3,3-5 V

Corrente di funzionamento: < 20 mA

Segnale di uscita: tensione analogica

Sensibilità: $R_0(\text{in aria})/R_s(\text{in } 150\text{ppm CO}) \geq 3$

Temperatura di esercizio: -10-50°C

Umidità di esercizio: 15-90%RH (senza condensa)

Durata: ≥ 5 anni (in aria)

Dimensioni: 13x13 x 2,5 mm/0,051x0,51x0,1"



3. Sensore di Biossido di Azoto (NO2) - DFrobot

<https://www.dfrobot.com/product-2711.html>

Modello: Gravity: Electrochemical NO2 Sensor (SKU: SEN0470)

Dimensioni compatte, misura solo 13*13*2,5 mm

Basso consumo energetico, corrente di esercizio <20mA

Elevata sensibilità e rapido recupero della risposta

Tecnologia MEMS avanzata

Gas rilevato: NO

Campo di rilevamento: 0,1-10 ppm

Tensione di funzionamento: 3,3-5 V

Corrente di funzionamento: <20mA

Segnale di uscita: tensione analogica

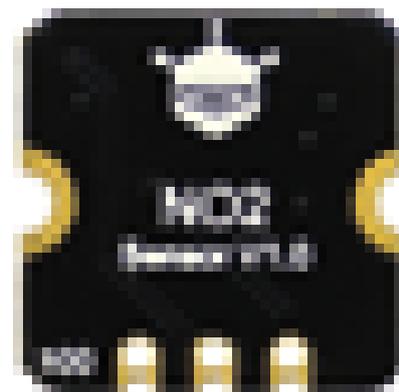
Sensibilità: $R_0(\text{in aria})/R_s(\text{in } 5\text{ppm NO}_2) \leq 0,5$

Temperatura di esercizio: -10-50°C

Umidità di esercizio: 15-90%RH (senza condensa)

Durata: ≥ 5 anni (in aria)

Dimensioni: 13×13 x 2,5 mm/0,051×0,51×0,1"



4. Sensore di Composti Organici Volatili (VOC) - DFrobot

<https://www.dfrobot.com/product-2707.html>

Modello: Gravity: Electrochemical VOC Sensor (SKU: SEN0469)

Gas rilevati: etanolo, formaldeide, toluene, ecc.

Campo di rilevamento: 1-500 ppm

Tensione di funzionamento: 3,3-5 V

Corrente di funzionamento: <20mA

Segnale di uscita: tensione analogica

Sensibilità: $R_0(\text{in aria})/R_s(\text{in } 50\text{ppm di etanolo}) \geq 3$

Temperatura di esercizio: -10-50°C

Umidità di esercizio: 15-90%RH (senza condensa)

Durata: ≥ 5 anni (in aria)

Dimensioni: 13×13 x 2,5 mm/0,051×0,51×0,1"



5. Sensore di Idrogeno Solforato (H2S) - DFrobot

<https://www.dfrobot.com/product-2702.html>

Modello: Gravity: Electrochemical H2S Sensor (SKU: SEN0465)

Gas rilevato: Acido solfidrico (H2S), Benzene

Campo di rilevamento: 0,5-50 ppm

Tensione di funzionamento: 3,3-5 V

Corrente di funzionamento: <20mA

Segnale di uscita: tensione analogica

Sensibilità: $R_0(\text{in aria})/R_s(\text{in } 50\text{ppm H}_2\text{S}) \geq 3$

Temperatura di esercizio: -10-50°C

Umidità di esercizio: 15-90%RH (senza condensa)

Durata: ≥ 5 anni (in aria)

Dimensioni: 13×13 x 2,5 mm/0,051×0,51×0,1"



MICROCONTROLLORE E ALTRI COMPONENTI

6. Microcontrollore XIAO ESP32S3 - SeedStudio

https://wiki.seeedstudio.com/xiao_esp32s3_getting_started/

Il cuore del sistema, questo microcontrollore compatto e potente è responsabile dell'elaborazione dei dati raccolti dai sensori.

Processore: Processore ESP32-S3R8

Xtensa LX7 dual-core a 32 bit che funziona fino a 240 MHz

Senza fili: Sottosistema Wi-Fi completo a 2,4 GHz, BLE: Bluetooth 5.0, Bluetooth mesh

Sensori integrati: Sensore della telecamera OV2640 per microfono digitale 1600*1200

Memoria: 8M PSRAM e 8MB Flash su chip

Interfaccia: 1x UART, 1x IIC, 1x IIS, 1x SPI, 11x GPIO (PWM), 9x ADC, 1x LED utente, 1x LED di carica, 1x pulsante di reset, 1x pulsante di avvio

Dimensioni: 21 x 17,8 mm

Energia: Tensione di ingresso (tipo C): 5 V, Tensione di ingresso (BAT): 4,2 V, Tensione di

funzionamento del circuito (pronto per l'uso): - Tipo C: 5 V a 19 mA - BAT: 3,8 V a 22 mA

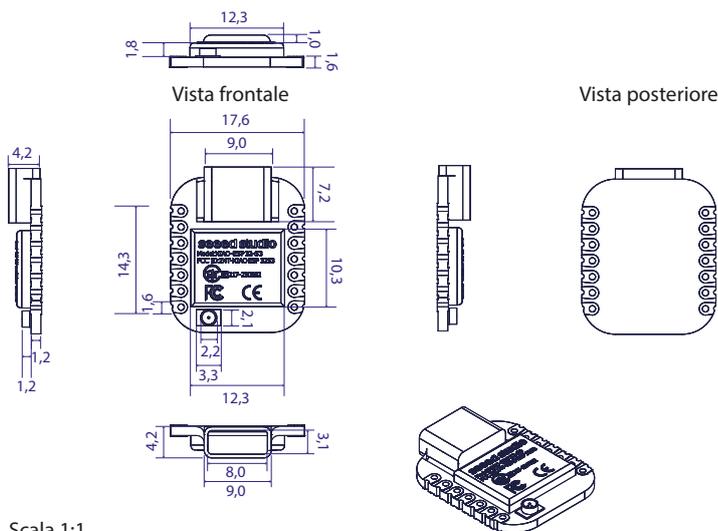
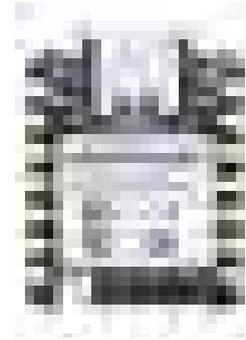
Modello a basso consumo energetico: Modello Modem-sleep: 3,8 V/25 mA, Modello

Light-sleep: 3,8 V/2 mA, Modello Deep Sleep: 3,8 V/14 μ A

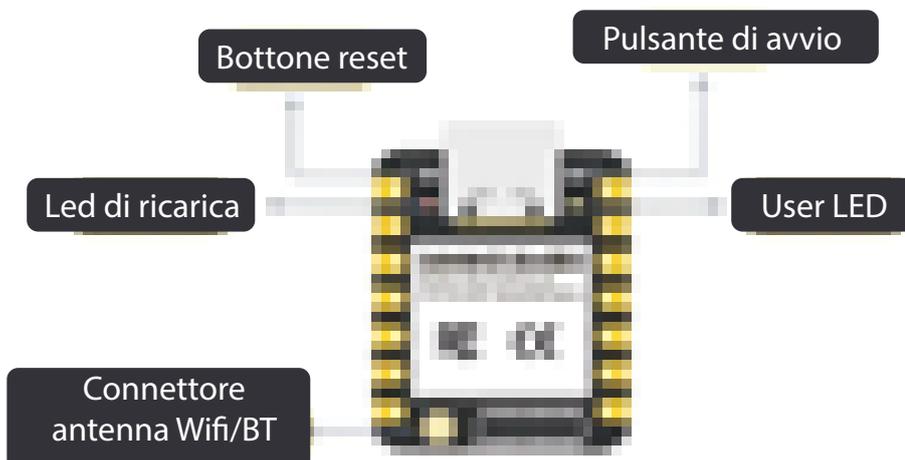
Consumo energetico abilitato Wi-Fi: Modello attivo: ~ 100 mA

Consumo energetico abilitato BLE: Modello attivo: ~ 85 mA

Temperatura di lavoro: Temperatura ambiente -40°C ~ 65°C



Scala 1:1
misure in mm





- Touch: Pin che supportano il tocco capacitivo, utili per interfacce tattili.
- Digital: Pin digitali per input/output generici.
- Analog: Ingressi analogici (ADC) utilizzabili per leggere segnali di sensori analogici.
- GPIO: Pin General Purpose Input/Output, usati per vari scopi programmabili.
- IIC/I²C: Pin dedicati al protocollo I²C: SDA (dati) e SCL (clock) x comunicazione con sensori e dispositivi esterni.
- Power : Pin di alimentazione: 5V e 3.3V per fornire energia a componenti esterni.
- GND: Massa, il riferimento per la tensione del circuito.
- SPI : Pin dedicati alla comunicazione SPI: MOSI, MISO e SCK.



MTDO (GPIO15): Master Test Data Out, utilizzato per il debugging JTAG.

GND: Massa, punto di riferimento per la tensione del circuito.

MTCK (GPIO13): Master Test Clock, utilizzato per la comunicazione JTAG.

D+: Pin del segnale dati positivo per la connessione USB.

Thermal PAD: Area termica di dissipazione del calore, necessaria per migliorare la gestione termica del chip.

MTDI (GPIO12): Master Test Data In, usato per l'interfaccia JTAG.

EN (Enable): Pin di abilitazione del microcontrollore; se tirato a basso, il microcontrollore viene resettato.

MTMS (GPIO14): Master Test Mode Select, utilizzato nel protocollo JTAG.

BAT-: Terminale negativo per il collegamento di una batteria esterna.

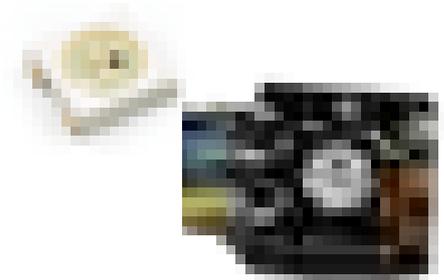
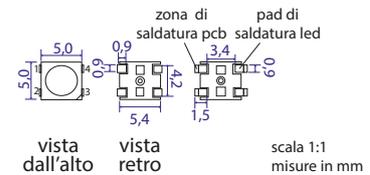
BAT+: Terminale positivo per il collegamento di una batteria esterna.

D-: Pin del segnale dati negativo per la connessione USB.

8. Neopixel WS2812B

Un NeoPixel è un tipo di LED RGB indirizzabile prodotto da Adafruit , basato su un chip LED WS2812B.

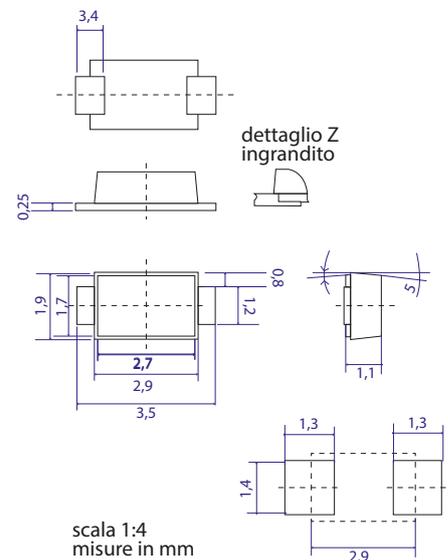
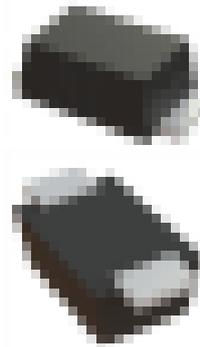
Ogni LED può essere controllato singolarmente per colore e luminosità . Può generare fino a 16.777.216 colori , combinando 256 livelli per ciascun canale RGB. Alta uniformità cromatica e luminosità elevata con un ampio angolo di diffusione della luce . Basso consumo energetico e lunga durata operativa. Supporta una frequenza di scansione minima di 400 Hz/s e una velocità di trasmissione dati fino a 800 Kbps . Consente la trasmissione di segnali fino a 5 metri di distanza senza circuiti aggiuntivi. Con una frequenza di 30 FPS , è possibile controllare almeno 1024 LED in cascata . I chip di controllo è integrato direttamente nel LED, riducendo la complessità del circuito. Il circuito di controllo e il LED utilizzano la stessa fonte di alimentazione . Include protezioni contro l' inversione di alimentazione , l' accumulo di distorsione e la perdita di potenza



10. Diode a recupero rapido

Un diodo a recupero rapido è un tipo di diodo progettato per avere un tempo di recupero verso molto breve. Questo significa che può passare rapidamente dallo stato di conduzione (polarizzazione diretta) allo stato di interdizione (polarizzazione inversa), riducendo le perdite di conversione e migliorando l'efficienza nei circuiti ad alta frequenza.

Velocità : Recupero rapido $\leq 500\text{ns}$, $> 200\text{mA}$ (Io)
 Tensione di inversione massima (Vr) : 1200V
 Corrente media rettificata (Io) : 1A
 Tensione diretta massima (Vf) @ If : 2,3V @ 1A
 Corrente di dispersione inversa @ Vr : 2 μA @ 1200V
 Tempo di recupero inverso (Trr) : 50ns
 Meccaniche e Termiche
 Capacità a Vr, F : (Dato non specificato)
 Tipo di montaggio : A montaggio superficiale
 Temperatura di funzionamento - : -55°C ~ 175°C



7. Lastra nickel puro

Marca: TuToy
 Materiale: Nichel puro (99,96%)
 Forma: Lamina sottile / Piastra
 Dimensioni: 0.1 mm (spessore) x 30 mm (larghezza) x 1000 mm (lunghezza)
 Colore: Argento grigio
 Proprietà del nichel: è un metallo duro, può essere facilmente lavorato e modellato, possiede proprietà magnetiche, elevata protezione contro l'ossidazione, mantiene le sue proprietà anche in condizioni termiche elevate. Il funzionamento si basa sulla pressione applicata sulla superficie sensibile. La sensibilità del sistema può variare in base alle caratteristiche del componente e alle dimensioni dell'area di contatto: più grande è quest'area, minore sarà la pressione necessaria per attivare o disattivare la funzione; viceversa, se l'area è più piccola, l'utente dovrà esercitare una pressione maggiore per ottenere lo stesso risultato. Il soft touch contribuisce a rendere l'esperienza utente più fluida e intuitiva.



12. Batteria

Tipo di batteria: LiPo (Litio Polimero)
Capacità nominale: 400mAh
Tensione operativa nominale: 3,7 V
Tensione di cut-off (fine scarica): 3.0V
Tensione di ricarica consigliata: 4,2 V \pm 0,03 V
Impedenza interna: \leq 60m Ω
(misurata in AC a 1kHz con il 50% di carica)

Modalità di Ricarica

Carica standard:
Corrente costante di 0,2C CsA
Tensione costante di 4.2V
Tempo di ricarica: circa 3-4 ore

Carica rapida:

Corrente costante di 0,5C CsA
Tensione costante di 4.2V
Tempo di ricarica: circa 2-3 ore
Corrente massima continua di carica: 1C

Modalità di Scarica

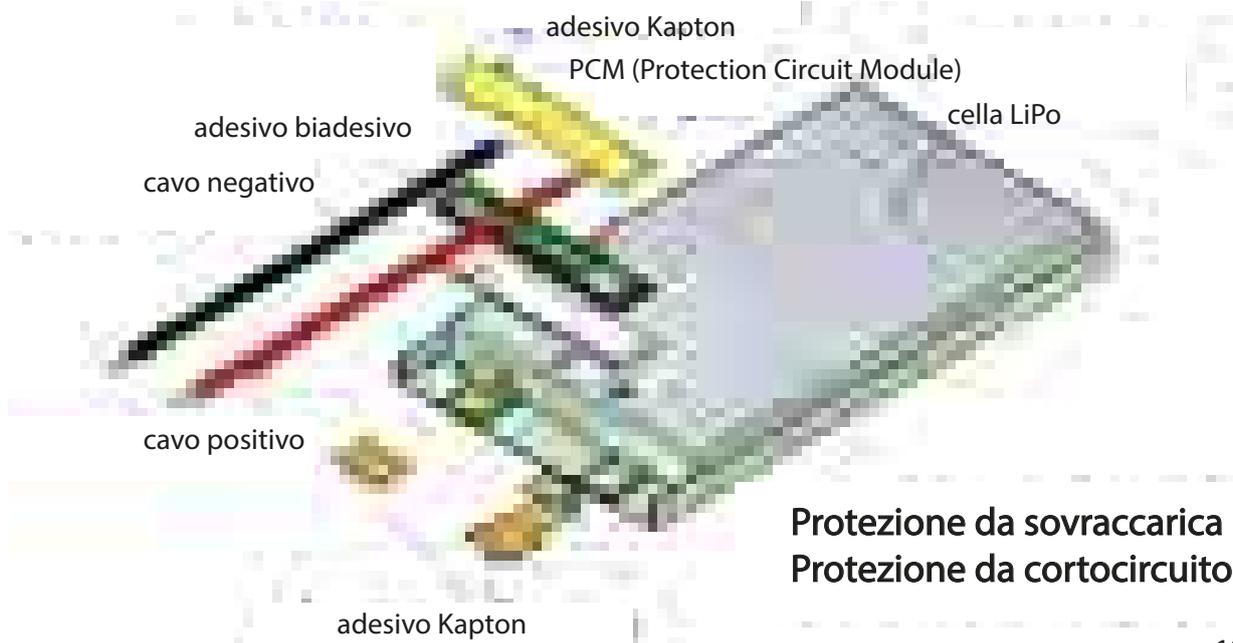
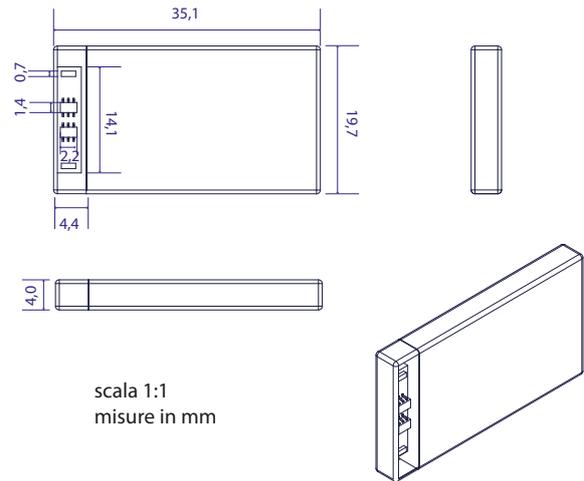
Scarica standard:
Corrente costante di 0,2C CsA
Tagliare a 3,0 V

Scarica veloce:

Corrente costante di 0,5C CsA
Tagliare a 3,0 V
Corrente massima continua di scarica: 1C

Temperatura operativa:

Ricarica: da 0°C a 45°C
Scarica: da -20°C a 60°C



9. Motorino

Tipo: Motore c.c.

Funzione: Vibrazione, ERM (aptico)

Direzione di rotazione: Oraria

Tensione nominale: 3V c.c.

Tensione di avviamento: 1,8V c.c.

Corrente a vuoto: 40mA

Corrente di stallo: 150mA

Resistenza terminale: $33,0\Omega \pm 20\%$

Velocità a vuoto: $46000 \pm 15\%$ giri/min

Coppia nominale: 0,004 oz-in / 0,03 mNm

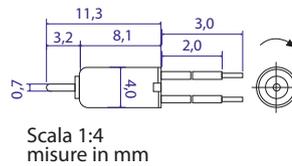
Gioco assiale dell'albero: 0,05~0,3mm

Diametro motore: 4,08 mm (0,161")

Diametro albero: 0,70 mm (0,028")

Lunghezza albero e cuscinetto: 3,20 mm (0,126")

Temperatura operativa: $-10^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$



E' stato montato un eccentrico nel motorino, ossia un piccolo peso montato in modo non centrato sull'asse del motore che serve a generare vibrazioni quando il motore gira, quindi aggiungendo un materiale pesante come stagno sull'eccentrico, si aumenta il peso sbilanciato. Questo fa sì che, quando il motorino gira, le vibrazioni siano più forti e di conseguenza, anche il rumore emesso sarà maggiore.

10. Tessuto goretex (previsto ma non aggiunto nel prototipo)

Per proteggere la sensoristica del dispositivo wearable dall'umidità, sporcizia esterna e sudore, è previsto di utilizzare un tessuto basato sulla tecnologia Gore-Tex. Il Gore-Tex è un materiale sintetico noto per le sue elevate capacità impermeabili e traspiranti, costituito da politetrafluoroetilene (PTFE) espanso termomeccanicamente. La sua struttura microporosa presenta circa 9 miliardi di microscopici fori per pollice quadrato, permettendo la traspirazione mantenendo l'impermeabilità del materiale.





DIMENSIONAMENTO
E MODELLAZIONE
COMPONENTI/ASSIEMI

MODELLAZIONE PARAMETRICA

La modellazione parametrica è un metodo avanzato di progettazione CAD (Computer-Aided Design) che utilizza parametri, vincoli e relazioni geometriche per definire e controllare le dimensioni e la forma di un modello. Questo approccio consente di creare oggetti digitali flessibili e facilmente modificabili senza la necessità di ridisegnare manualmente ogni componente.

La modellazione parametrica si basa su:

Parametri numerici: grandezze definite dall'utente come lunghezze, angoli, raggi e spessori, che determinano la geometria del modello.

Vincoli geometrici: regole che stabiliscono relazioni tra le varie entità del modello, come parallelismo, perpendicolarità, coincidenza e simmetria.

Regole logiche e formule matematiche: equazioni e funzioni che permettono di automatizzare le modifiche e mantenere coerenza tra le parti del modello.

Relazioni gerarchiche: connessioni che permettono di stabilire dipendenze tra componenti, assicurando che una modifica influenzi correttamente l'intero progetto.

Vantaggi della Modellazione Parametrica

1. Modificando un parametro, tutte le parti collegate si aggiornano dinamicamente, riducendo il rischio di errori e il tempo di revisione del progetto.
2. Il progettista può testare diverse configurazioni geometriche rapidamente, migliorando l'efficienza e adattando il modello a nuovi requisiti.
3. Le relazioni parametriche garantiscono un modello coerente, minimizzando le incongruenze derivanti da modifiche manuali.
4. Grazie a script e funzioni automatiche, il flusso di lavoro risulta più veloce e meno soggetto a interventi ripetitivi.

MODELLAZIONE PARAMETRICA E RENDER CON ALTAIR STUDIO

Altair Studio è una suite avanzata di progettazione e simulazione che integra strumenti di modellazione parametrica, ottimizzazione topologica e design generativo. Questo software è particolarmente utilizzato nei settori dell'ingegneria e del design industriale per creare forme innovative e strutture leggere.

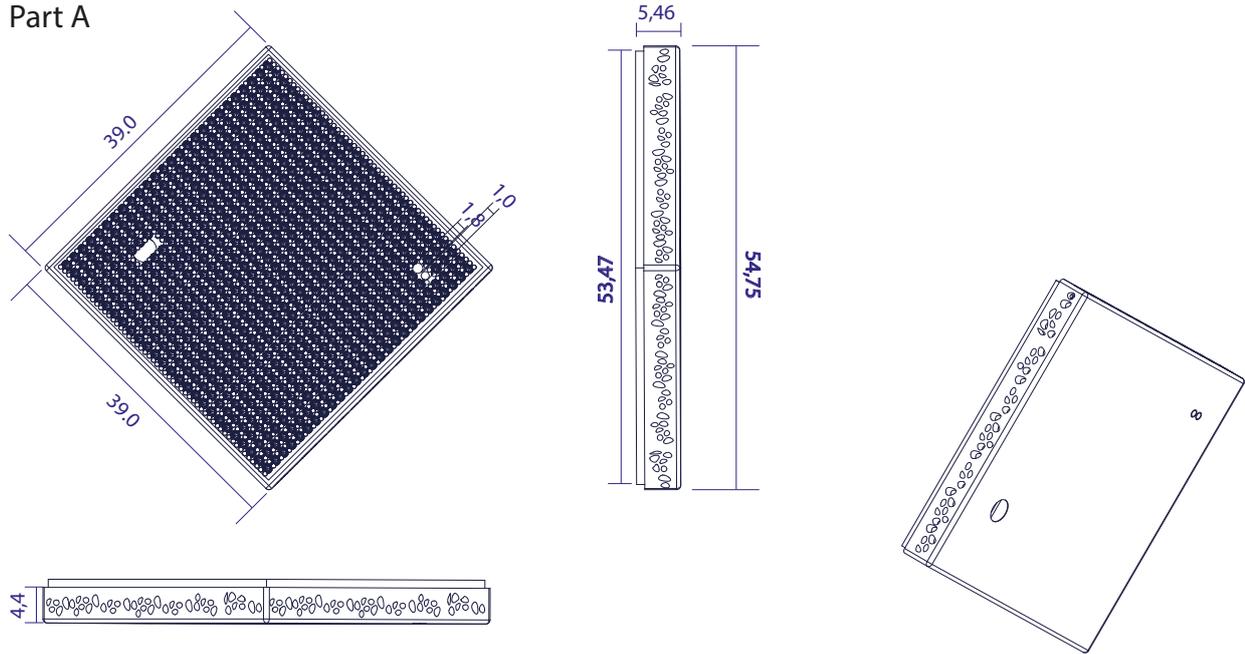
Grazie all'intelligenza artificiale, il software suggerisce forme ottimizzate sulla base dei vincoli di progetto, inoltre permette di ridurre il peso di un componente mantenendo la resistenza strutturale.

Utilizza motori di rendering di alta qualità per visualizzare i progetti in maniera fotorealistica e possiede strumenti per la verifica strutturale e funzionale dei modelli progettati.



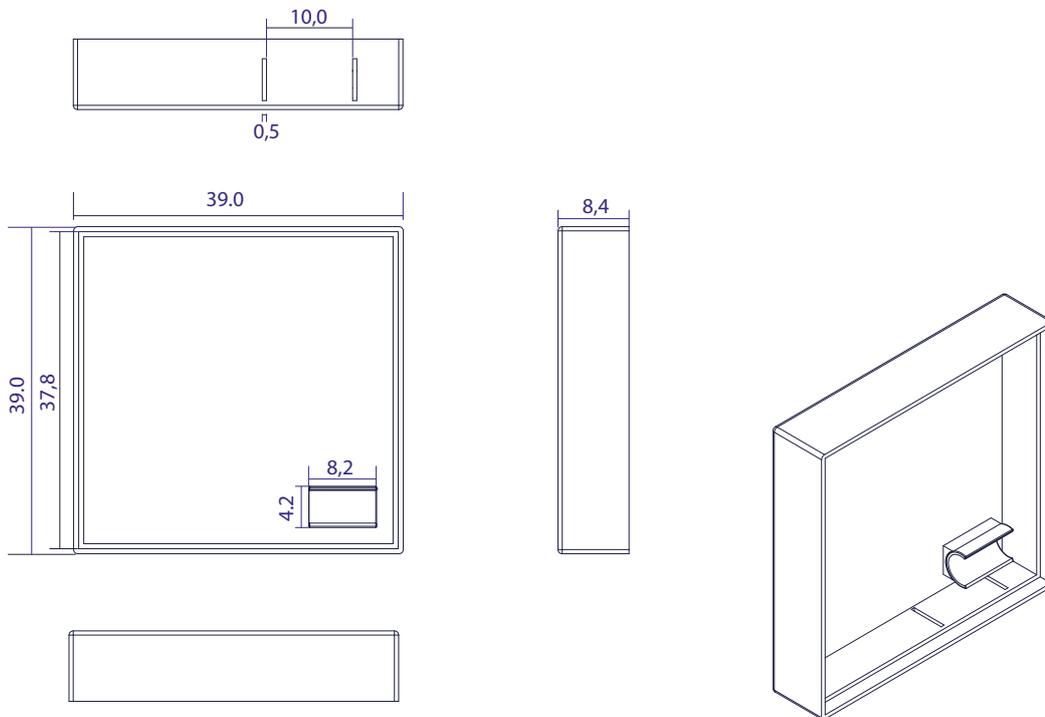
SCOCCA x ELETTRONICA

Part A



scala 1:1
misure in mm

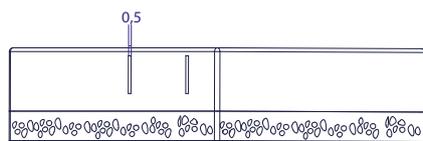
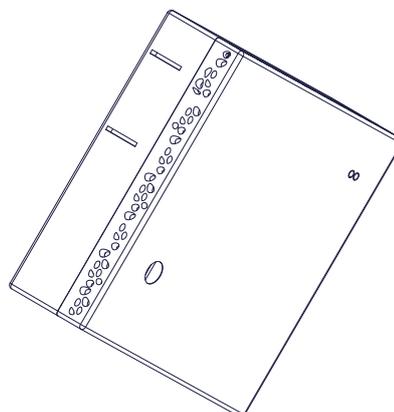
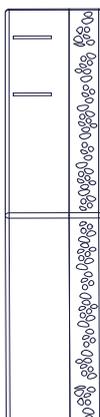
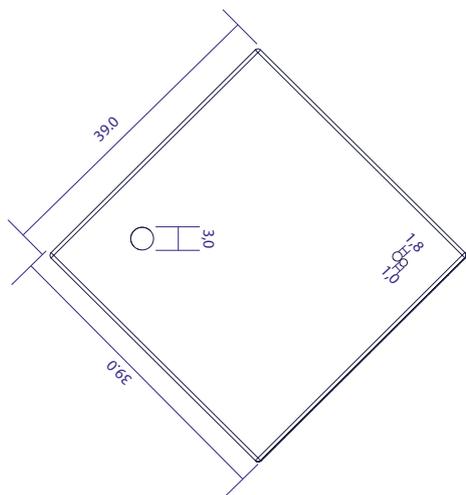
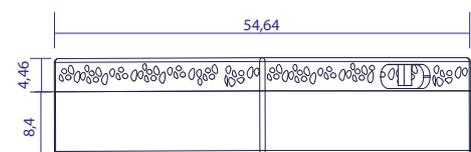
Part B



scala 1:1
misure in mm

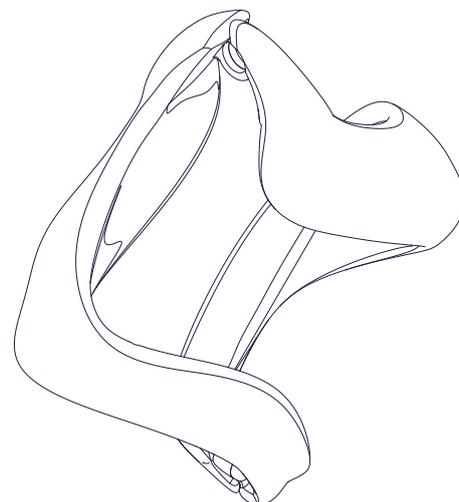
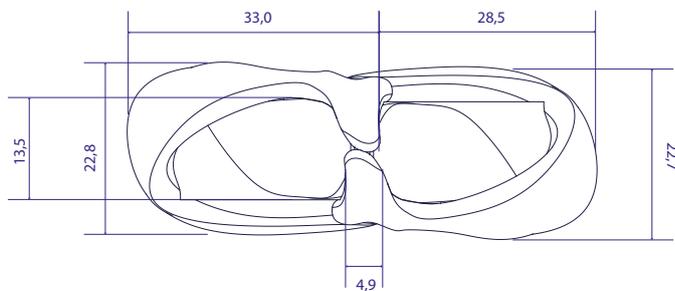
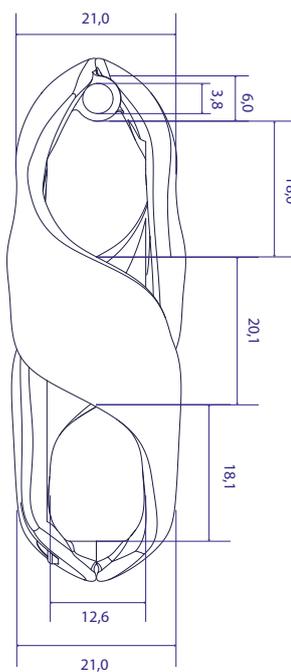
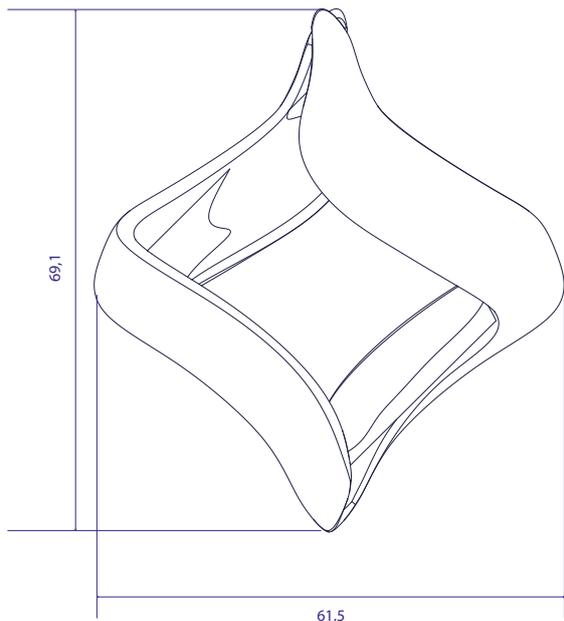
SCocca x ELETTRONICA ASSEMBLATA

Parte A + B assemblata

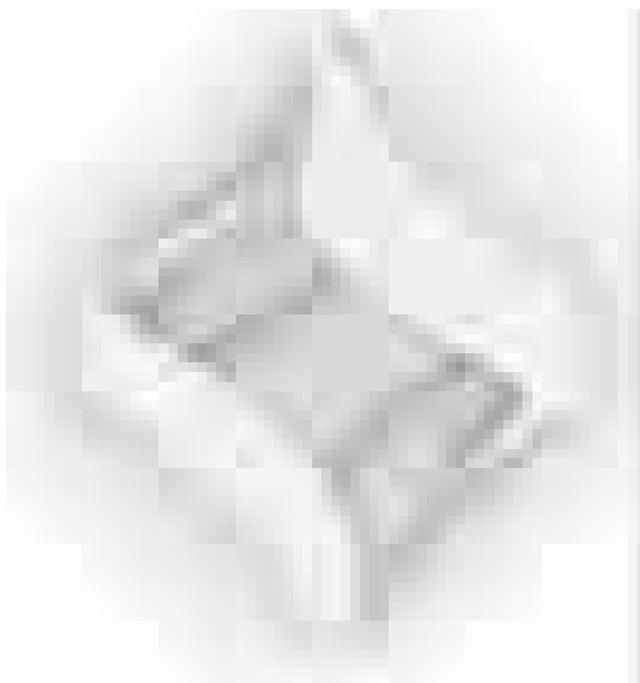


scala 1:1
misure in mm

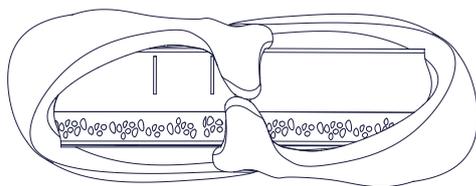
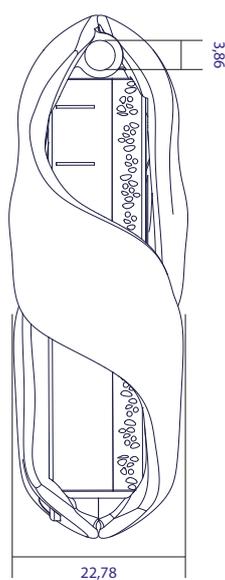
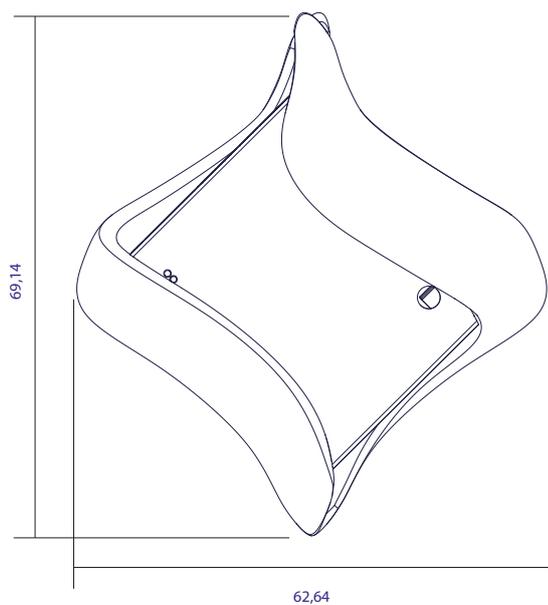
SCocca ESTERNA FOGLIE



scala 1:1
misure in mm



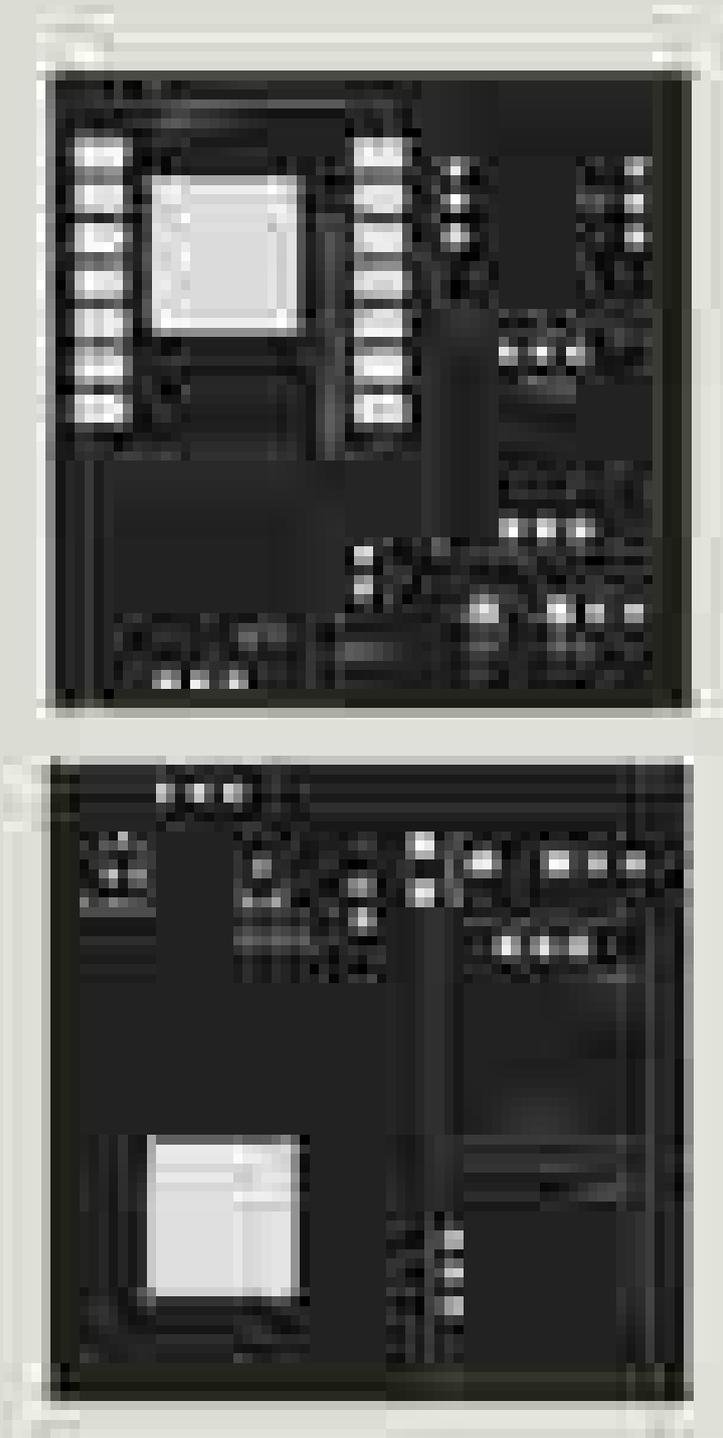
SCocca ESTERNA FOGLIE ASSEMBLATA



scala 1:1
misure in mm



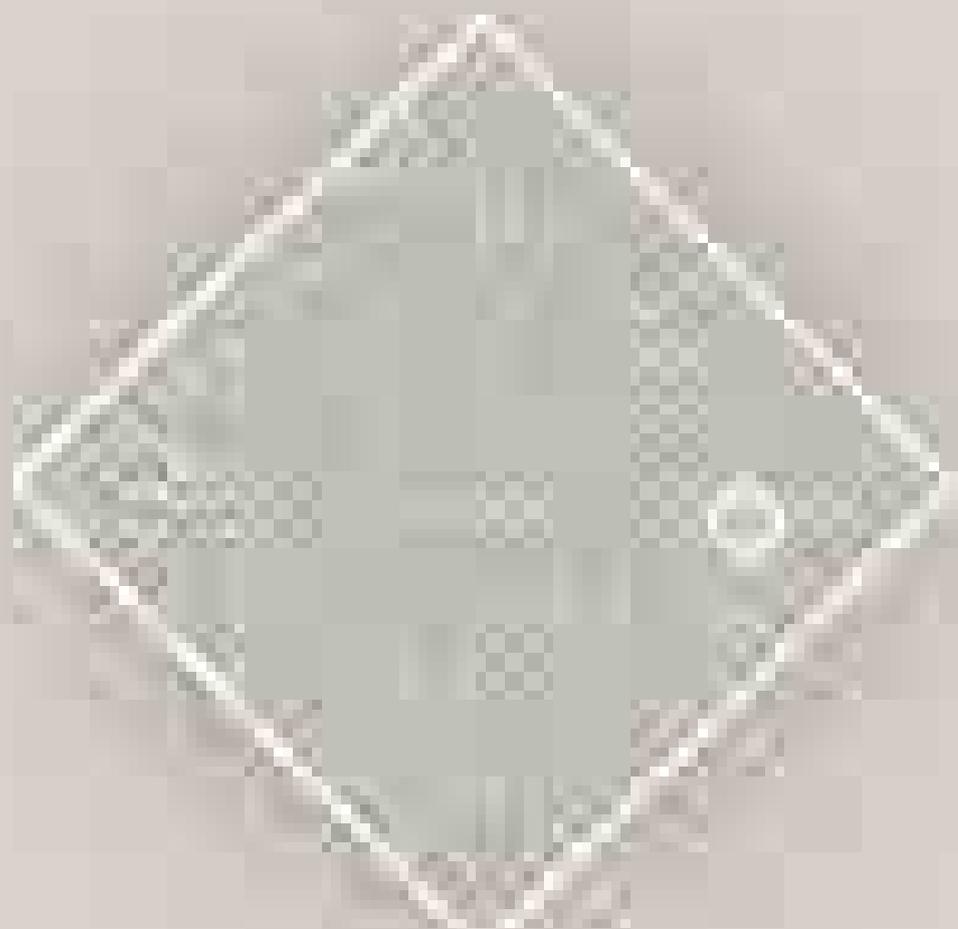
RENDER PCB



RENDER PCB









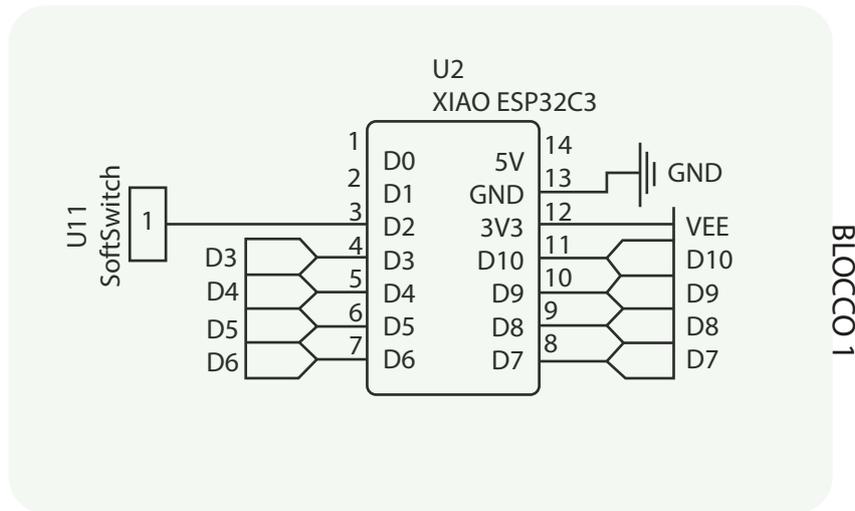


SVILUPPO E PROGETTAZIONE PARTE ELETTRONICA



PROGETTAZIONE DEL CIRCUITO ELETTRONICO PER SINGOLI COMPONENTI

ESP32S3



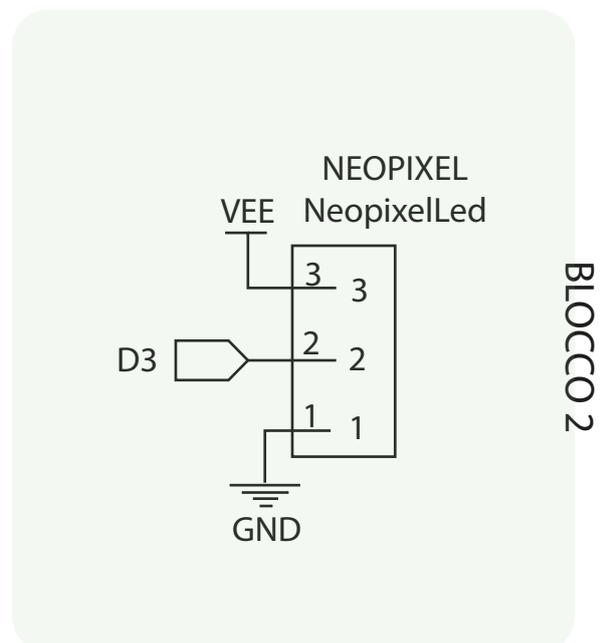
NEOPIXEL

Il blocco di circuito rappresenta una connessione di un modulo LED Neopixel a un microprocessore tramite il pin D3. Il pin D3 è collegato direttamente al pin di ingresso dati (pin 2) del modulo Neopixel (il microprocessore invia segnali digitali al LED Neopixel tramite il pin D3).

Il pin 3 è collegato alla linea di alimentazione indicata come VEE e questa alimentazione è di 3.3V.

Il pin 1 è collegato a GND, completando così il circuito elettrico e fornendo il riferimento di terra necessario per il corretto funzionamento.

Quando il microprocessore invia un segnale digitale tramite il pin D3, il Neopixel riceve il comando tramite il pin dati (pin 2) e risponde modificando il colore o la luminosità del LED. L'alimentazione VEE assicura che il LED abbia energia sufficiente per funzionare, mentre la connessione GND garantisce un corretto riferimento di tensione.



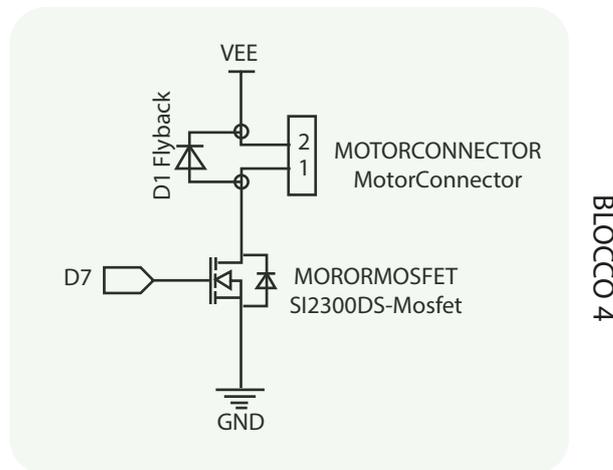
FEEDBACK APTICO

Motore (MotorConnector) : è collegato al connettore denominato "MOTORCONNECTOR" con i pin 1 e 2. L'alimentazione del motore è collegata a "VEE" (tensione positiva)

MOSFET (SI2300DS) : Il MOSFET è un transistor un effetto di campo utilizzato per commutare il motore. È indicato come "MORORMOSFET" e il modello specifico è "SI2300DS". Il pin di gate del MOSFET è pilotato dal segnale proveniente da "D7." Il drain è collegato al terminale del motore, mentre la source è collegata a massa (GND). Il MOSFET include anche un diodo interno di protezione, mostrato nello schema.

Diodo Flyback (D1 Flyback) : Posizionato in parallelo al motore, con il catodo collegato alla tensione "VEE" e l'anodo collegato allo scarico del MOSFET. Il diodo flyback protegge il MOSFET dai picchi di tensione generati dall'induttanza del motore durante la commutazione (quando il MOSFET si spegne). Impedisce che la tensione inversa danneggi il MOSFET, fornendo un percorso sicuro per la corrente induttiva che scarica sulla bobina del motore stesso.

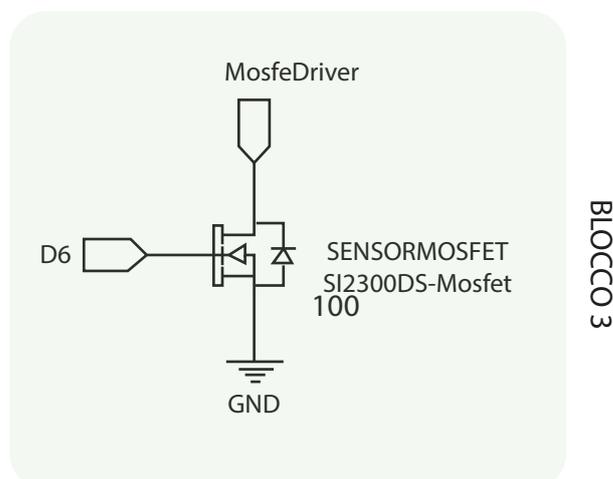
Ingresso di Controllo (D7) : Il segnale "D7" è il segnale di comando per il MOSFET. Quando il segnale "D7" è alto, il MOSFET conduce, permettendo alla corrente di fluire da "VEE", attraverso il motore e il MOSFET fino a massa. Il motore si accende e inizia a girare. Quando "D7" è basso, il MOSFET si spegne, interrompendo il circuito principale. L'energia immagazzinata nell'induttanza del motore genera un picco di tensione inversa, che viene gestito dal diodo flyback. Il diodo permette alla corrente di circolare in un circuito sicuro fino a che l'energia induttiva si dissipa, proteggendo così il MOSFET.



MOSFET

Il circuito mostrato è un semplice circuito di pilotaggio di un MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) e un segnale di controllo proveniente dal pin D6.

MOSFET SI2300DS: il MOSFET utilizzato è il SI2300DS, che è un MOSFET di tipo N. Il MOSFET agisce come un interruttore elettronico. Quando il segnale "MosfeDriver" applica una tensione sufficiente al gate, il MOSFET satura, permettendo la conduzione tra il drain e la source. Quando il gate è a bassa tensione o a zero, il MOSFET rimane spento, interrompendo il passaggio di corrente. Il mosfet driver è il punto di ingresso dell'alimentazione che verrà controllata dal MOSFET. Il terminale source del MOSFET è connesso direttamente a GND. Il gate è collegato al driver MOSFET (indicato come "MosfeDriver"), che ha il compito di fornire una tensione di alimentazione per i sensori.



SENSORE DI INQUINANTI (NH3, VOC, H2S, CO, NO2)

Il circuito presentato fa parte di un sistema per il monitoraggio della qualità dell'aria, basato sull'utilizzo di un sensore di gas. Questo sensore è integrato con ESP32S3 su board Xiao di Seed Studio, che ha il compito di elaborare il segnale del sensore e fornire un output leggibile e interpretabile dal sistema di controllo.

ESEMPIO SENSORE NH3 (tutti i sensori hanno stesso principio)

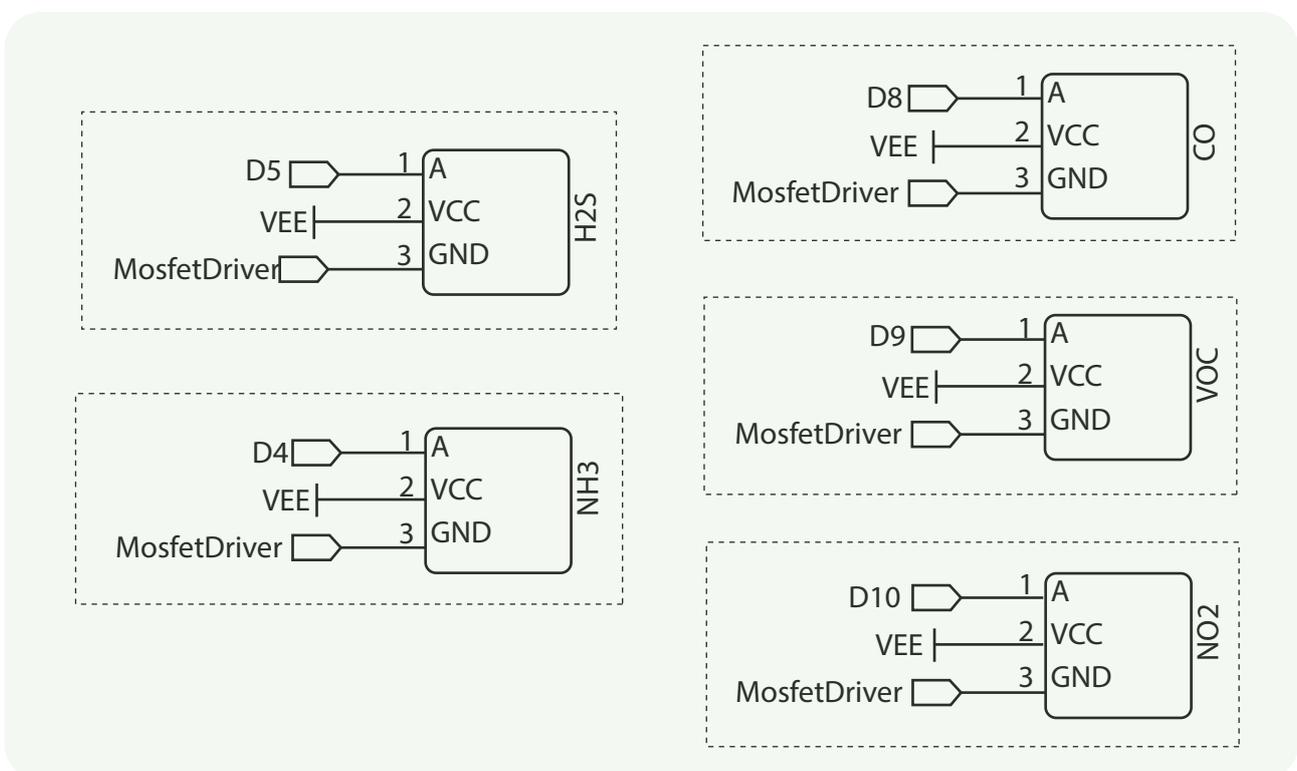
PIN (D4) collegata al pin 1 (A) del sensore di ammoniaca. Il sensore dà una tensione proporzionale alla lettura dell'inquinante rilevata ADC dello Xiao

LINEA DI ALIMENTAZIONE (VEE): collegata al pin 2 (VCC) del sensore, fornisce la tensione di alimentazione stabile e necessaria per il corretto funzionamento del sensore. Una tensione stabile è fondamentale per mantenere l'accuratezza delle misurazioni del sensore.

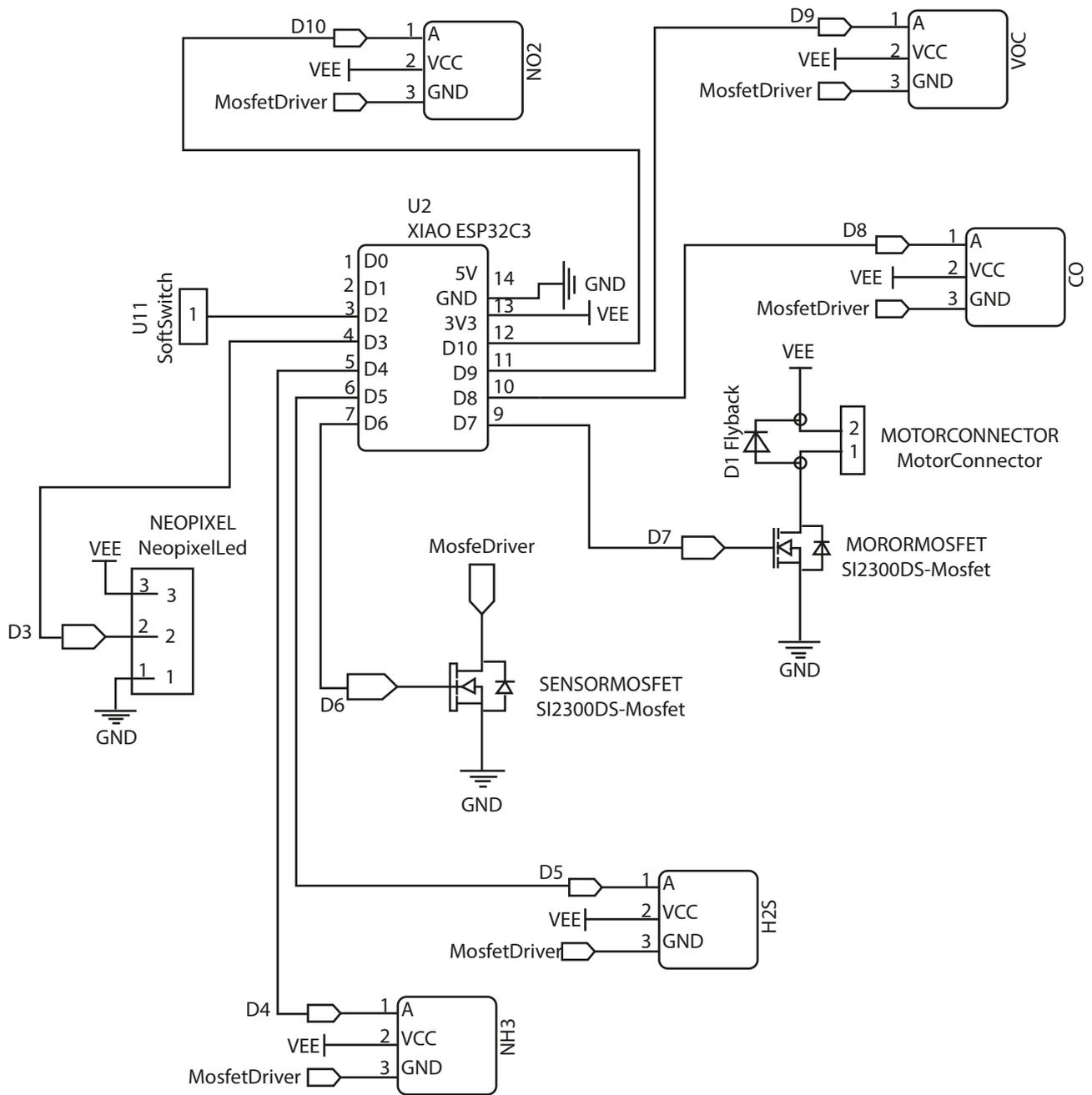
MOSFETDRIVER: collegata al pin 3 (GND) del sensore. Il MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) agisce come un interruttore elettronico, consentendo di accendere o spegnere il sensore tramite segnali digitali provenienti dal microprocessore, inoltre aiuta a separare la sezione di potenza del circuito dalla sezione di controllo, migliorando la sicurezza e la stabilità del sistema.

Il sensore di ammoniaca riceve l'alimentazione tramite il pin VCC collegato alla linea VEE (funzionamento del sensore e produzione del segnale di misurazione). Il pin GND del sensore è collegato al driver MOSFET. Il MOSFET permette di modulare l'alimentazione del sensore, consentendo al microprocessore di accendere o spegnere il sensore a seconda delle necessità operative (ad esempio, nel progetto serve per risparmiare energia e quindi per effettuare misurazioni a intervalli regolari). Il segnale generato dal sensore, che è proporzionale alla concentrazione di ammoniaca rilevata. Il segnale in uscita, raccolto dal pin A del sensore, viene inviato direttamente al microprocessore XIAO. Il microprocessore interpreta il segnale, lo converte in un valore numerico leggibile.

BLOCCO 5



PROGETTAZIONE DEL CIRCUITO ELETTRONICO COMPLETO



PCB

I circuiti stampati, o PCB (Printed Circuit Board), rappresentano una componente essenziale nell'elettronica moderna. Essi consentono di collegare elettricamente e supportare meccanicamente i componenti elettronici attraverso tracce conduttive, piste e altri elementi incisi su un substrato non conduttivo. L'uso dei PCB ha rivoluzionato la progettazione elettronica, consentendo la realizzazione di dispositivi compatti, affidabili ed efficienti.

Un PCB è costituito da materiali isolanti, come la vetronite (FR4), con strati di rame che formano il circuito elettrico.

Un PCB è composto da diversi elementi fondamentali:

1. Substrato: Materiale isolante che fornisce supporto meccanico e termico ai circuiti.
2. Strato conduttivo: Generalmente in rame, inciso per creare le piste e i collegamenti elettrici.
3. Maschera di saldatura (Solder Mask): Uno strato protettivo che impedisce cortocircuiti e protegge le piste dall'ossidazione.
4. Serigrafia (Silkscreen): Strato che include indicazioni grafiche per l'identificazione dei componenti e il montaggio.
5. Fori passanti (Vias): Utilizzati per connettere gli strati conduttivi nei PCB multistrato.

L'utilizzo dei circuiti stampati offre numerosi benefici rispetto ai cablaggi tradizionali:

1. garantiscono connessioni elettriche precise, riducendo gli errori di cablaggio e le interferenze elettromagnetiche.
2. La progettazione consente di ridurre le dimensioni dei circuiti elettronici, migliorando le prestazioni e facilitando l'integrazione nei dispositivi moderni.
3. permettono di standardizzare i processi produttivi, riducendo i costi di produzione e migliorando la scalabilità.
4. Il montaggio automatizzato dei componenti (SMT - Surface Mount Technology) aumenta l'efficienza e la velocità di produzione.
5. I materiali avanzati utilizzati offrono resistenza alle sollecitazioni meccaniche, termiche e chimiche, garantendo una lunga durata operativa.

PROGRAMMA USATO PER CREAZIONE PCB: EASYEDA

Per il progetto questi sono i parametri che sono stati impostati:

Materiale: FR4, ossia vetroresina con buone proprietà meccaniche e termiche

Strati: 2 layer, struttura a doppio strato. Buon compromesso tra complessità e costo.

Colore: soldermask nero. Scelta estetica. Ridotta visibilità durante l'ispezione.

Finitura: HASL con piombo. Trattamento economico. Compatibile con saldatura tradizionale. Non adatto a pitch molto fini.

Via minima: 0.3 mm, dimensione minima dei fori metallizzati

Diametro via: 0.3 mm, foro e pad di pari diametro. Buon equilibrio tra spazio e robustezza.

Tolleranza dimensionale: ± 0.2 mm, adatta a produzioni standard.



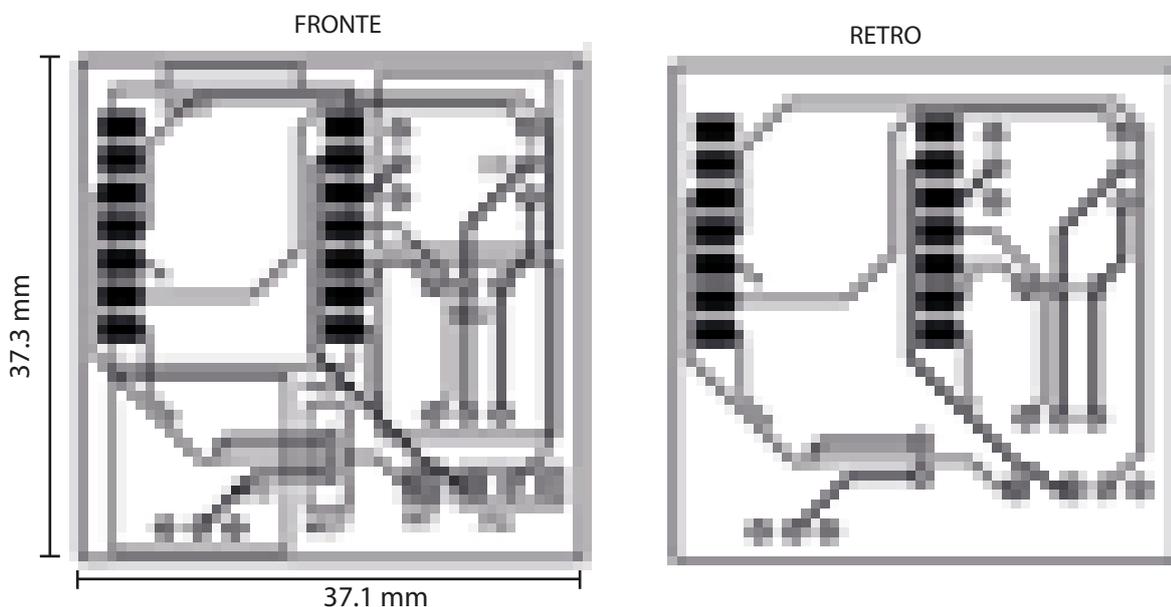
PROGETTAZIONE E PRODUZIONE DEL PCB

Il layout del PCB è stato progettato con un design estremamente compatto e ottimizzato, volto a garantire l'integrazione efficiente di tutti i componenti necessari in uno spazio limitato di circa 37 mm x 37 mm. L'approccio progettuale ha perseguito un duplice obiettivo: massimizzare l'efficienza dello spazio disponibile e mantenere al contempo elevati standard di qualità del segnale e una gestione ottimale dell'alimentazione elettrica.

XIAO + SENSORI: Il microprocessore è stato collocato nella parte superiore sinistra del PCB. Il circuito prevede l'integrazione di cinque sensori chimici specifici per la rilevazione di vari gas: CO (Monossido di Carbonio), NH₃ (Ammoniaca), NO₂ (Biossido di Azoto), VOC (Composti Organici Volatili) e H₂S (Solfuro di Idrogeno). Tre sensori (CO, NO₂ e NH₃) sono posizionati sulla parte frontale del PCB, mentre i restanti due (H₂S e VOC) si trovano sul retro. Nello specifico CO e NO₂ sono posizionati nella parte destra del lato frontale del PCB, in prossimità delle connessioni di alimentazione, il sensore NH₃ è collocato in basso a sinistra del lato frontale, facilitando la separazione delle linee di segnale, mentre i sensori H₂S e VOC sono disposti sul retro del PCB in modo speculare rispetto ai sensori CO e NO₂, contribuendo a una disposizione simmetrica e bilanciata.

Modulo MOT: Dedicato al controllo di un piccolo motore per il feedback aptico

Modulo PIX: Gestisce un LED Neopixel



M-MOS / S-MOS: sono transistor di tipo mosfet canale N. Un transistor è un componente elettronico che agisce come amplificatore, interruttore o regolatore del flusso di corrente elettrica. Si può pensare a un transistor come a un "valvola" elettronica, capace di controllare il passaggio della corrente tra source e drain, tramite un terzo terminale (chiamato gate). M-mos è il transistor del motore e S-mos è quello dei sensori.

FLYBACK: un diodo è un componente elettronico che consente il flusso di corrente elettrica solo in una direzione, bloccandolo nell'altra. Si può pensare a un diodo come a una "valvola" che permette al flusso di corrente di passare solo da un lato e lo impedisce dall'altro. I diodi sono utilizzati per la rettifica della corrente alternata (AC), come nei circuiti di alimentazione, per proteggere altri componenti elettronici da correnti inverse dannose, e in altre applicazioni, come la rilevazione di segnali.

È stato realizzato un apposito taglio nel PCB per permettere il passaggio dei connettori, garantendo una connessione stabile e sicura tra la batteria e il microprocessore. Tale scelta riduce anche l'ingombro complessivo, mantenendo il profilo del dispositivo il più sottile possibile. Inoltre, un bordo di circa 1 mm è stato lasciato libero lungo tutto il perimetro del PCB, consentendo un facile incasso nella scocca metallica progettata per contenere il dispositivo. Come tocco motivazionale, è stata aggiunta una serigrafia con la scritta "hope!" (speranza). Questo dettaglio non solo arricchisce esteticamente il PCB, ma rappresenta anche l'auspicio per il successo del progetto

Modulo INT: è un interruttore, ovvero un componente che riceve input. È fatto con un foglio di nickel, quindi è un sistema capacitivo multitouch (come quello dei touch screen). Permette di rilevare più tocchi contemporaneamente. Sistema sempre acceso. Il dispositivo non viene mai spento: funziona in modalità continua. È impostato un Watchdog timer, ossia è un sistema di sicurezza: un timer che conta all'indietro perciò se il software non lo resetta in tempo, il timer arriva a zero e forza un riavvio automatico del dispositivo.



pcb completo con tutti i sensori saldati



FASI ASSEMBLAGGIO PARTE ELETTRONICA

STRUMENTI PER LA SALDATURA

Saldatore a Stilo (25W-40W)

Stagno per Saldatura con anima in flussante per favorire una buona bagnatura delle saldature.

Pinzette Antistatiche per posizionare componenti

Pasta Saldante (Solder Paste) per il montaggio SMD

Ferro da Stiro: Utilizzato per il metodo di rifusione termica della pasta saldante.

Alcool Isopropilico per la pulizia finale del PCB e la rimozione dei residui di flussante

Multimetro per verificare la continuità delle tracce e il corretto funzionamento dei componenti.

NOTE BENE: I componenti SMD (Surface-Mount Device) sono progettati per essere montati direttamente sulla superficie del PCB, senza fori passanti. Offrono numerosi vantaggi rispetto ai componenti THT (Through-Hole Technology), come dimensioni ridotte e una maggiore automazione dell'assemblaggio. Nel progetto in esame, i componenti SMD considerati sono stati il microprocessore e i 5 sensori ambientali.

FASI DI ASSEMBLAGGIO

1. PREPARAZIONE DEL PCB

Controllare che tutte le tracce siano ben incise e prive di cortocircuiti o interruzioni.

Utilizzare un multimetro in modalità continuità x verificare le connessioni critiche

Pulire il PCB con alcool isopropilico per rimuovere polvere, grasso o residui di produzione.

2. APPLICAZIONE DELLA PASTA SALDANTE (per componenti SMD)

Utilizzare una siringa, applica un sottile strato di pasta saldante su tutti i pad SMD. Assicurarsi che la pasta sia applicata solo sui pad previsti, evitando sbavature che potrebbero causare cortocircuiti.



Stampaggio disegno del PCB su carta. Utilizzo di pinzette per posizionare il sensore ambientale sull'area corrispondente per verificare che le dimensioni e la disposizione dei pad siano corrette.



È stato aggiunto dello stagno sull'eccentrico per aumentare la vibrazione e il rumore emesso dal motorino, al fine di testarne l'efficacia e la percezione del suono.



Collegamento dei fili al motorino mediante saldatura.



Far passare i fili del motorino attraverso i fori (vie) predisposti sul PCB.



Mostrare come e dove dovrebbe essere inserita l'antenna. Attualmente non inclusa nel prototipo poiché il concept dell'app è ancora ipotetico.



Collegamento dei fili alle vie del PCB dedicate alla lastra di nickel mediante saldatura.

3. POSIZIONAMENTO DEI COMPONENTI

Posizionare tutti i componenti SMD (sensori, microprocessore XIAO, ecc.) con precisione. Ogni componente deve essere correttamente allineato con i pad del PCB per garantire una buona saldatura.

Posizionare prima i componenti più piccoli e successivamente quelli più grandi, per evitare che si spostino durante il processo di saldatura.

4. SALDATURA DEI COMPONENTI SMD

Metodo del Ferro da Stiro (Rifusione Termica):

Preriscaldare il ferro da stiro alla massima temperatura (senza vapore!).

Posizionare il PCB su una superficie resistente al calore.

Coprire il PCB con un foglio di alluminio per distribuire uniformemente il calore.

Appoggiare il ferro da stiro sopra per 2-5 minuti fino a quando la pasta saldante non fonde, fissando automaticamente i componenti.

5. SALDATURA DEI COMPONENTI THT

Inserire i componenti THT (ad es. l'interruttore INT e i connettori della batteria) nei relativi fori.

Utilizzare il saldatore a stilo per saldare i pin, assicurandoti che le saldature siano lucide e ben fatte. Una saldatura opaca e fragile potrebbe causare problemi elettrici!!

6. CONNESSIONE DELLA BATTERIA

Fissare la batteria sotto il microprocessore, facendo passare i connettori attraverso il taglio del PCB.

Saldare i terminali con attenzione, evitando cortocircuiti e assicurando un contatto solido.

7. TEST E DEBUG

Collegare la batteria o un'alimentazione esterna e verifica il funzionamento del LED Neopixel.

Utilizza un multimetro per assicurarti che i sensori chimici ricevano la corretta tensione.

8. PULIZIA E FINITURA

Pulire il PCB con alcool isopropilico per eliminare i residui di fluxante.

Effettuare un'ultima ispezione visiva e funzionale prima di considerare il dispositivo pronto per l'uso



Depositare lo stagno sulla striscia di nickel e saldare un filo che la colleghi al PCB.

Saldare i tre fili (GND, VCC, segnale) necessari al funzionamento del NeoPixel.

Inserire i fili nei rispettivi fori del PCB.

Eeguire un test del NeoPixel su breadboard prima della saldatura definitiva, per evitare danni al modulo.

Una volta completati tutti i passaggi, l'intero circuito elettronico risulta montato e assemblato.

HIGH LEVEL DESIGN DIAGRAM

Un diagramma di High-Level Design (HLD) è una rappresentazione grafica della struttura generale di un sistema software o hardware. È utilizzato nelle fasi iniziali di progettazione per mostrare i componenti principali, le loro interazioni e il flusso generale dei dati o dei processi senza entrare nei dettagli tecnici di implementazione.

Le caratteristiche principali sono:

Astrazione – Mostra il sistema a un livello concettuale senza dettagli tecnici.

Componenti principali – Include moduli, servizi, database, API, reti, interfacce utente, ecc.

Relazioni tra componenti – Mostra come i vari elementi del sistema interagiscono tra loro.

Flusso di dati o logica generale – Indica il movimento delle informazioni tra i moduli.

Scalabilità e architettura – Definisce le basi per lo sviluppo e l'espansione del sistema.

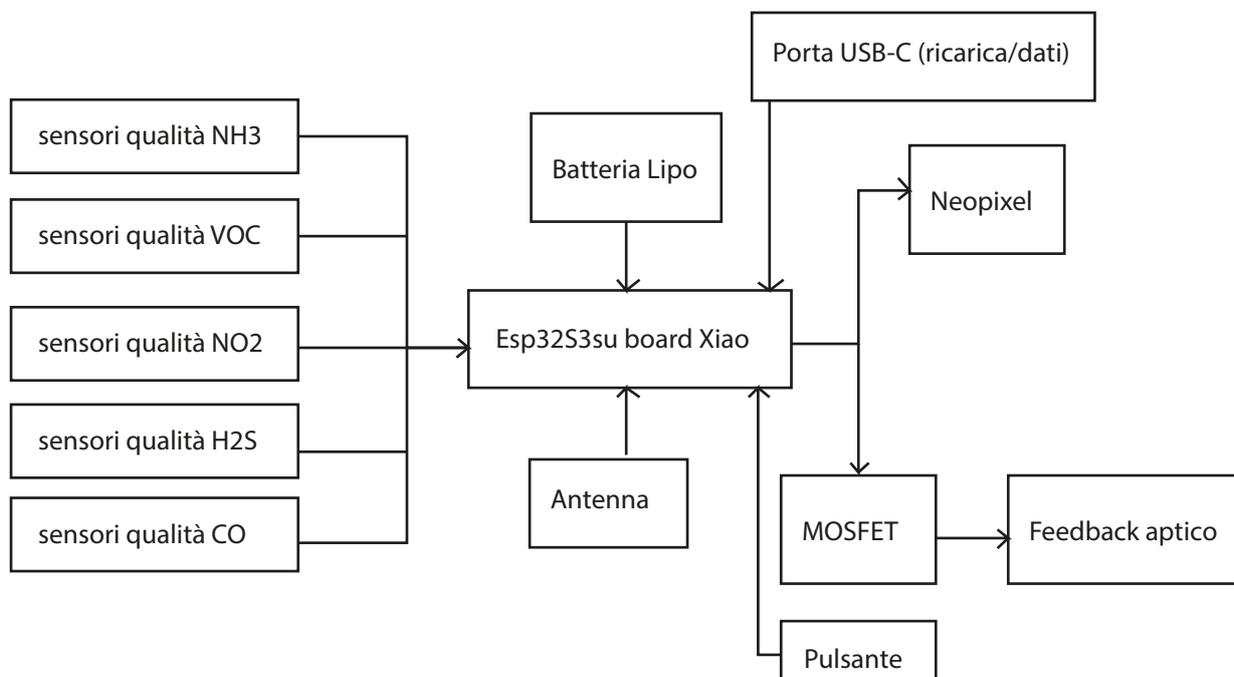
Utilizzo del diagramma di progettazione di alto livello

A seconda del tipo di sistema, un HLD può includere i seguenti elementi:

1. Software di Architettura: moduli e componenti principali (ad esempio, frontend, backend, database), API e microservizi (REST, GraphQL, WebSocket), Flussi di dati e comunicazione (MQTT, HTTP, WebSocket), Architettura MVC, a strati, guidata dagli eventi

2. Architettura Hardware e IoT: microcontrollori e processori (Arduino, ESP32, Raspberry Pi), sensori e attuatori (DHT22, MPU6050, relè), protocolli di comunicazione (I2C, SPI, UART, LoRa), cloud e database (AWS IoT, Firebase, broker MQTT)

3. Architettura di Rete: server e client (Web app, dispositivi IoT), connessioni tra sistemi (LAN, WAN, VPN), cloud e archiviazione (AWS, Azure, Google Cloud), firewall e sicurezza (Autenticazione, crittografia)



DIMENSIONAMENTO DELLA BATTERIA, CALCOLO DELL'AUTONOMIA E VALUTAZIONE DEL CONSUMO ENERGETICO

PREMESSA

In questo contesto, il NeoPixel (feedback visivo) e il valore del motore (feedback aptico) sono stati deliberatamente esclusi dall'analisi, poiché entrambi si attivano solo in presenza di elevate concentrazioni di inquinanti rilevate. Inoltre, il loro impatto sul consumo energetico complessivo è trascurabile

Sensori di gas (CO, VOC, NO2, H2S, NH3)

Consumo per sensore ciascun in modalità attiva: 20 mA (0,02 A)
Tensione di esercizio: 3,3 V
Numero di sensori: 5

Microcontrollore XIAO ESP32S3

Consumo in modalità attiva: 100 mA (0,1 A)
Consumo in modalità deep sleep: 14 μ A (0,000014 A)
Tensione di esercizio: 3,3 V

Modalità operativa (ogni 10 secondi si attivano sia i sensori che il microprocessore e rilevano i dati ambientali, poi vanno in modalità deep sleep per 120 secondi, poi si riattivano per altri 10 secondi e così via)
Modalità attiva: 10 secondi (sia i sensori che il microprocessore)
Modalità sonno profondo: 120 secondi (sia i sensori che il microprocessore)

Batteria

Capacità: 400 mAh
Tensione nominale: 3,7 V

CALCOLO DEL CONSUMO ENERGETICO IN MODALITÀ ATTIVA (Il dispositivo è acceso e consuma energia)

Sensori di gas:
Consumo per sensore: 20 mA
Numero di sensori: 5
Tensione: 3,3 V

Microcontrollore XIAO ESP32S3:
Consumo in modalità attiva: 100 mA
Tensione: 3,3 V

Calcolo del Consumo Totale in Modalità Attiva:
Consumo dei sensori: $20\text{mA} \times 5 = 100\text{mA}$
Consumo del microcontrollore: 100mA
Consumo totale: 100 mA (sensori) + 100 mA (microcontrollore) = 200mA

CALCOLO DEL CONSUMO ENERGETICO IN MODALITÀ DEEP SLEEP (Il dispositivo è quasi spento e consuma pochissima energia)

Sensori: 0 mA
Microcontrollore: 14 μ A = 0,014 mA
Consumo Totale in Modalità Deep Sleep: 0 mA (sensori) + 0,014 mA (microcontrollore) = 0,014mA

CALCOLO DEL CICLO OPERATIVO

Il dispositivo alterna continuamente queste due modalità:
Durata totale del ciclo = 10 s (attivo) + 120 s (sonno profondo) = 130 secondi

CALCOLO DEL CONSUMO MEDIO

Consumo medio = (Consumo in modalità attivo \times Tempo attivo) + (Consumo nel sonno profondo \times Tempo sonno profondo) / durata totale del ciclo
Calcolo dei Consumi nelle Diverse Fasi:

Consumo in Modalità Attiva: $200\text{mA} \times 10\text{ secondi} = 2000\text{ mA}$
Consumo in Modalità deep sleep: $0,014\text{mA} \times 120\text{ secondi} = 1,68\text{ mA}$
Consumo totale = $2000 + 1,68 = 2001,68\text{ mA}$
Consumo medio = $2001,68\text{ mA} / 130\text{ secondi} = 15,4\text{ mA}$

CALCOLO DELL'AUTONOMIA DELLA BATTERIA

Autonomia = capacità della batteria / consumo medio
Autonomia = $400\text{ mA} / 15,4\text{ mA} = 25,97\text{ ore} = \text{circa } 26\text{ ore}$
LO-rem ipsum dolor sit amet,



COMUNICAZIONE DATI

Microcontrollore: ESP32S3

Il cuore del dispositivo è l'ESP32S3, un microcontrollore versatile e potente che integra sia Bluetooth Low Energy (BLE) sia connettività Wi-Fi. Questa doppia modalità di comunicazione permette al dispositivo di offrire un'ampia flessibilità, adattandosi sia all'uso personale locale sia al monitoraggio remoto tramite cloud. L'ESP32S3 è inoltre compatibile con i protocolli cablati come I2C e SPI, fondamentali per la gestione stabile e affidabile dei sensori integrati nel dispositivo.

Comunicazione dei dati

Protocollo di Comunicazione Interna: Bluetooth Low Energy (BLE) Il BLE è utilizzato per la comunicazione diretta con dispositivi mobili come smartphone e tablet. Questo protocollo è ideale per le situazioni in cui l'utente desidera visualizzare i dati in tempo reale senza la necessità di una connessione Internet. Grazie al basso consumo energetico, il BLE consente al dispositivo di funzionare per periodi prolungati, riducendo la frequenza di ricarica della batteria. Questa modalità è particolarmente utile per gli utenti che desiderano avere un feedback immediato sulla qualità dell'aria circostante tramite un'app mobile dedicata. Il dispositivo è dotato di un solo protocollo così consuma di meno. A fine giornata/cambio giorno invia gli aggiornamenti su un server centrale che trattiene storico

Protocolli di Trasmissione: API

Il dispositivo wearable utilizza API (Application Programming Interface) per trasmettere i dati raccolti sulla qualità dell'aria a un server remoto, dove vengono caricati in tempo reale o a intervalli regolari

Piattaforme di Archiviazione e Analisi: MySQL

Per l'archiviazione e l'analisi, viene utilizzato un database MySQL, che consente di organizzare, interrogare e visualizzare i dati storici tramite un'applicazione collegata

Schema di Comunicazione dei Sensori

I sensori integrati nel dispositivo (es. VOC) convertono le concentrazioni di gas in segnali analogici. L'ESP32S3 utilizza il convertitore analogico-digitale (ADC) integrato per digitalizzare questi segnali. Successivamente, i dati digitali vengono elaborati tramite algoritmi di calibrazione automatica e filtraggio per migliorare la precisione delle misurazioni.

Ottimizzazione Energetica

Il sistema è progettato per attivare i moduli Bluetooth + sensori solo quando necessario, riducendo così il consumo energetico. Durante i periodi di inattività, il microcontrollore entra in modalità di risparmio energetico (deep sleep), minimizzando l'assorbimento di corrente. Inoltre, i sensori vengono alimentati in modalità on-demand, assicurando che siano attivi solo durante le misurazioni. Quando il dispositivo entra in standby (modalità di basso consumo), tutti i moduli si spengono – Bluetooth, sensori, ecc. – tranne una piccola funzione: il conto alla rovescia. Questa funzione è gestita da un timer interno al microcontrollore, che tiene traccia del tempo durante il deep sleep. Quando il timer arriva a zero, risveglia il microcontrollore per riattivare il sistema e, ad esempio, fare una nuova misurazione o controllare se ci sono nuove istruzioni da eseguire

Manutenzione e Aggiornamenti

Il dispositivo supporta aggiornamenti firmware Over-the-Air (OTA) tramite BLE, permettendo l'installazione di nuove funzionalità o patch di sicurezza senza richiedere un intervento manuale. Questo approccio semplifica la manutenzione del dispositivo e assicura che l'utente abbia sempre accesso alle ultime innovazioni e migliorie del sistema.



SICUREZZA E GESTIONE DATI PERSONALI

RACCOLTA DATI

Il dispositivo raccoglierà:

Dati ambientali: concentrazione di VOC, CO, NO₂, NH₃, H₂S. Utilizzati per monitorare la qualità dell'aria e inviare notifiche all'utente in caso di superamento delle soglie di sicurezza.

Dati comportamentali: interazioni con l'app, risposte alle notifiche, preferenze di utilizzo. Analizzati per migliorare l'esperienza utente e ottimizzare le funzionalità dell'applicazione.

CRITTOGRAFIA DEI DATI

In transito: Utilizzo di protocolli crittografici avanzati come TLS 1.3 per proteggere i dati trasmessi tra il dispositivo, l'app e i server cloud, garantendo l'integrità e la riservatezza delle informazioni.

A riposo: I dati memorizzati localmente sul dispositivo e sui server saranno crittografati utilizzando AES-256, una delle soluzioni più sicure attualmente disponibili, per prevenire accessi non autorizzati anche in caso di furto fisico del dispositivo.

Crittografia end-to-end: Per le comunicazioni sensibili, al fine di evitare che i dati possano essere letti durante il trasferimento.

AUTENTICAZIONE E AUTORIZZAZIONE

Autenticazione a due fattori (2FA): Implementata per l'accesso all'applicazione mobile, aumentando la sicurezza contro accessi non autorizzati.

Token JWT (JSON Web Token): Utilizzati per gestire le sessioni utente in modo sicuro e garantire che le sessioni abbiano una durata limitata nel tempo, riducendo il rischio di accessi permanenti non autorizzati.

SICUREZZA DEL DISPOSITIVO

Protezione dell'interfaccia Bluetooth: Tramite autenticazione mutuale x impedire connessioni non autorizzate.

Prevenzione degli attacchi MITM (Man-in-the-Middle): Pairing sicuro e utilizzo di chiavi dinamiche per garantire che la comunicazione tra dispositivi sia protetta.

Firmware sicuro: Implementazione di un sistema di aggiornamento over-the-air (OTA) per mantenere sempre aggiornato il software del dispositivo con le ultime patch di sicurezza.

PRIVACY E CONFORMITA' NORMATIVA

Il trattamento dei dati seguirà rigorosamente il Regolamento Generale sulla Protezione dei Dati (GDPR) e altre normative internazionali applicabili

Gli utenti verranno informati sui dati raccolti, sulle finalità del loro trattamento e modalità di conservazione.

Possibilità per gli utenti di eliminare i propri dati dalla piattaforma tramite un'interfaccia semplice e intuitiva.

Gli utenti potranno esportare i propri dati in un formato leggibile (es. JSON, CSV), per garantire la libertà di trasferimento ad altri servizi.

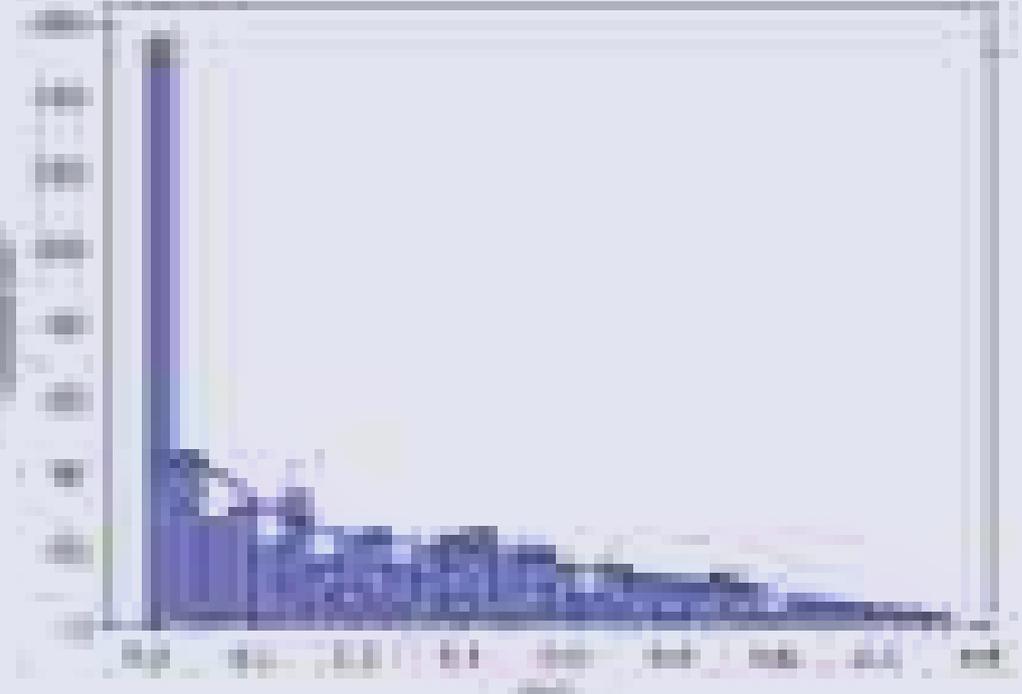
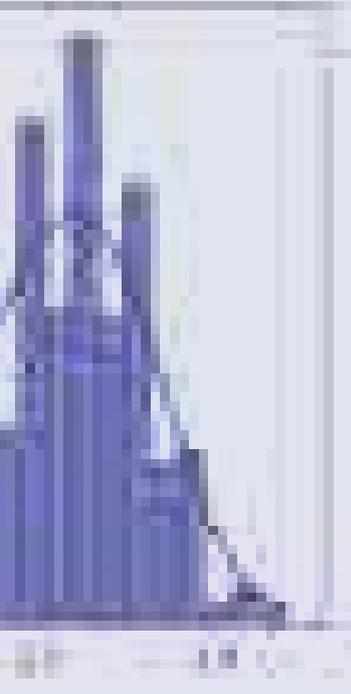
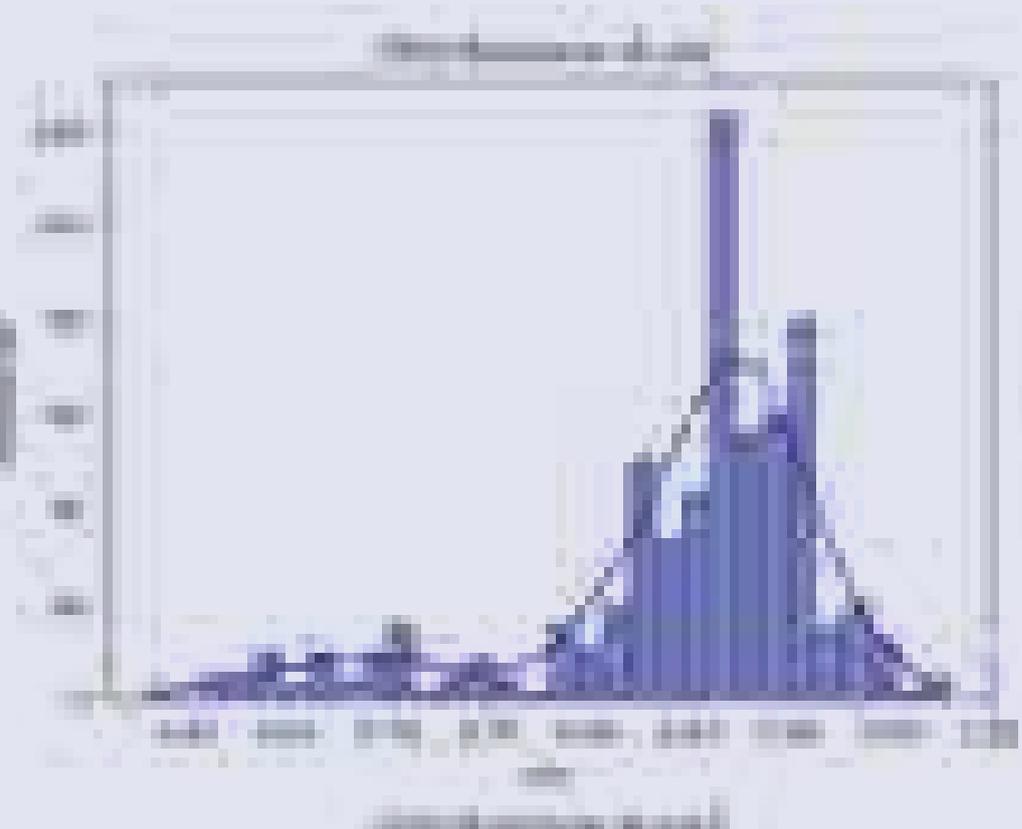
L'applicazione richiederà il consenso specifico per ogni tipo di dato raccolto, con la possibilità di selezionare in modo granulare le informazioni condivise.

Gli utenti potranno revocare il consenso in qualsiasi momento tramite le impostazioni dell'app, con effetto immediato sul trattamento dei dati.

Implementazione di strumenti per monitorare attività sospette sui server e nell'applicazione.

In caso di violazione dei dati, verranno attivate procedure specifiche per contenere l'incidente, notificare tempestivamente gli utenti e le autorità competenti (entro 72 ore come previsto dal GDPR).

Valutazione d'Impatto sulla Protezione dei Dati (DPIA) che verrà effettuata regolarmente per identificare e mitigare i rischi associati al trattamento dei dati personali.



TEST DI VALIDAZIONE

COME SONO STATI RICAVATI E PREPARATI I DATI PER IL MACHINE LEARNING

PIPELINE DI PREPARAZIONE DEI DATI

Una pipeline di preparazione dei dati è un insieme strutturato di passaggi sequenziali, progettati per trasformare dati grezzi in un formato ottimale per l'addestramento e la valutazione dei modelli. La struttura della pipeline può variare in base al tipo di dati (numerici, testuali, immagini, ecc.) e agli obiettivi dell'analisi.

1. RACCOLTA DEI DATI

I dati sono stati raccolti direttamente dai sensori integrati nel dispositivo. Trattandosi di sensori, le variabili erano già in formato numerico e pronte all'uso.

2. PREPROCESSING DEI DATI

Il preprocessing è una fase cruciale per rendere i dati adatti all'elaborazione da parte dei modelli. In particolare, abbiamo eseguito:

Normalizzazione: per riportare tutte le variabili su una scala comune (ad esempio tra 0 e 1), utile per confrontare grandezze diverse.

Standardizzazione (trasformazione z-score): per riportare i dati a media 0 e deviazione standard 1, utile per modelli sensibili alla distribuzione dei dati.

Abbiamo usato algoritmi come Random Forest, che richiedono una buona preparazione del dataset. Poiché i dati provenivano direttamente dai sensori e il dataset non era molto esteso (tipico nei primi esperimenti con reti neurali), il rischio di outlier era minimo.

3. TRASFORMAZIONE DEI DATI

Non sono state necessarie trasformazioni particolari: i dati grezzi erano già di buona qualità. Inoltre, non abbiamo eliminato il rumore, poiché può essere utile per allenare la rete neurale a riconoscere tutte le variazioni reali del segnale.

4. DIVISIONE IN TRAIN, VALIDATION E TEST SET

Per evitare overfitting e valutare oggettivamente il modello, i dati sono stati divisi in:

Training set (80%): per l'addestramento del modello

Validation set (20%): per ottimizzare gli iperparametri e monitorare le performance

Test set: testato su dati reali, raccolti successivamente

Abbiamo organizzato i dati creando file separati per ogni ambiente testato, ciascuno con le proprie etichette.

Esempio:

File "aglio" -contiene centinaia di letture effettuate in un ambiente ricco del profumo di aglio

File "alcool", "interno", "esterno", ecc. ognuno con le rispettive letture

Durante l'addestramento, abbiamo assegnato un'etichetta a ogni insieme di dati, dicendo al modello: "Ehi, questi sono dati dell'aglio. Questi altri sono dell'alcool." Questo processo si chiama labeling (etichettatura), ed è fondamentale per l'apprendimento supervisionato.

5. AUTOMAZIONE DELLA PIPELINE – Scikit-learn

Per rendere tutto più ordinato ed efficiente, abbiamo utilizzato le pipeline di Scikit-learn in Python. Questo strumento permette di concatenare tutte le fasi della preparazione (preprocessing, trasformazioni, modellazione) in un unico oggetto, facile da gestire e riutilizzare.

Vantaggi principali:

Maggiore leggibilità e manutenzione del codice

Maggiore riproducibilità e robustezza del flusso di lavoro

PREPARAZIONE DELL'AMBIENTE DI TEST

OBIETTIVO:

Simulare in sicurezza la presenza di diversi gas target utilizzando materiali e strumenti domestici o facilmente reperibili.

MATERIALI NECESSARI:

Un contenitore vetro con coperchio ermetico per creare un ambiente chiuso e controllato.

Dispositivi di sicurezza personale come guanti resistenti ai prodotti chimici e maschera con filtri appropriati per evitare l'inalazione di vapori potenzialmente nocivi.

GENERAZIONE DEI GAS:

1. Monossido di Carbonio (CO): è stata bruciata una piccola candela all'interno del contenitore con il coperchio aperto. Durante la combustione incompleta, il carbonio non ossida completamente, generando CO oltre che anidride carbonica (CO₂).

2. Composti Organici Volatili (VOC):

Solventi volatili (es. acetone, alcol isopropilico), profumi, deodoranti per ambienti, pennarelli indelebili o vernici spray. E' stata posizionata una piccola quantità di solvente in un bicchiere aperto all'interno del contenitore. I VOC evaporano rapidamente a temperatura ambiente, saturando l'ambiente chiuso con molecole volatili.



Monossido di Carbonio (CO): è stata bruciata una piccola candela all'interno del contenitore



3. Ammoniaca (NH₃):

Detergente per vetri o ammoniaca diluito in acqua. E' stata versata una piccola quantità di ammoniaca diluita in un bicchiere all'interno del contenitore. L'ammoniaca è un gas altamente solubile in acqua, ma rilascia facilmente vapori pungenti a contatto con l'aria.

4. Solforuro di Idrogeno (H₂S):

Uovo sodo aperto, aglio schiacciato o alimenti proteici in decomposizione, quindi abbiamo preso questi elementi e li abbiamo posizionato all'interno del contenitore.

La decomposizione di composti contenenti zolfo libera H₂S, riconoscibile dall'odore caratteristico di "uovo marcio".

5. Biossido di azoto (NO₂):

Reazione tra acido nitrico diluito e metallo (es. rame) . Abbiamo versato una piccola quantità di acido nitrico su un filo di rame all'interno del contenitore. Il NO₂ è un gas bruno-rossastro, tossico e irritante per le vie respiratorie. E' stato realizzato l'esperimento all'aperto per evitare l'accumulo di gas .



E' stata posizionata una piccola quantità di solvente in un bicchiere aperto per simulazione VOC



Mix aglio schiacciato e alimenti proteici in decomposizione che liberano H₂S

TEST DEI SENSORI E CALIBRAZIONE DEL DISPOSITIVO:

COMPORTAMENTO ATTESO DAI DATASHEET (MISURAZIONE QUANTITATIVA)

I sensori, secondo quanto dichiarato nei datasheet, avrebbero dovuto fornire letture in ppm (parti per milione), permettendo l'applicazione di soglie precise per ogni inquinante (soglie di riferimento secondo organismi come l'Organizzazione Mondiale della Sanità o l'EPA).

Monossido di Carbonio (CO): soglia moderata fissata a 9 ppm su media di 8 h; soglia critica oltre 35 ppm (media 1h)
Solfuro di Idrogeno (H₂S): soglia moderata a 0,01 ppm; soglia critica oltre 0,1 ppm.
Biossido di Azoto (NO₂): soglia moderata a 0,053 ppm; soglia critica oltre 0,1 ppm.
Ammoniaca (NH₃): soglia moderata a 0,05 ppm; soglia critica oltre 0,2 ppm.
Composti Organici Volatili (VOC): soglia moderata sotto 0,5 mg/m³; soglia critica oltre 1,0 mg/m³.

In questo scenario, l'attivazione dei feedback sul wearable avrebbe seguito una logica semplice:

Nessun feedback se i valori sono sotto la soglia moderata.

Accensione di LED (feedback visivo) se i valori superano la soglia moderata.

Attivazione combinata di LED e vibrazione se i valori superano la soglia critica.

COMPORTAMENTO REALE (MISURAZIONE QUALITATIVA CON MACHINE LEARNING- RANDOM FOREST)

Grazie all'impiego di un algoritmo di Machine Learning (Random Forest), il sistema è comunque in grado di stimare qualitativamente la presenza e l'intensità dell'inquinante.

Osservazioni principali:

I sensori risultano sensibili ma poco selettivi: rispondono anche a sostanze diverse da quelle target, a causa del fenomeno della cross-reattività.

Richiedono una fase di riscaldamento e stabilizzazione per fornire risultati ripetibili.

I sensori raggiungono la saturazione elettrica poco prima dei 3.3V, che è anche la loro tensione di alimentazione.

Come funziona il sistema basato su ML:

L'algoritmo è stato addestrato su circa 1700 letture per ciascun inquinante, raccolte in ambienti controllati, per riconoscere specifici pattern di risposta.

Il modello analizza i segnali elettrici provenienti dai sensori (variazioni di tensione nel tempo, ad esempio) e li confronta con quelli appresi durante l'addestramento.

Il risultato non è una misura in ppm, bensì una classificazione qualitativa in tre livelli:

Basso

Moderato

Critico

Ad ogni livello è associata una percentuale di confidenza, ovvero una stima della probabilità che l'ambiente sia effettivamente pericoloso.



ATTIVAZIONE DI FEEDBACK NEL SISTEMA REALE

Nel sistema qualitativo basato su Machine Learning, i feedback (LED e vibrazione) non vengono attivati in base a soglie numeriche assolute, ma in base alla probabilità stimata dal modello che ci sia una situazione pericolosa.

La logica prevede:

Quando la confidenza stimata è inferiore al 60%, non viene attivato alcun feedback.

Se la confidenza è compresa tra il 60% e il 80%, si attiva solo il LED visivo

Se la confidenza supera l'80%, si attivano sia il LED sia la vibrazione, a segnalare una situazione critica.

Perciò nel sistema quantitativo la risposta è diretta e basata su dati; nel sistema qualitativo, la risposta è "soft", basata su stime probabilistiche. Il sistema con soglie ppm è semplice da implementare, mentre quello con ML richiede una classificazione in tempo reale più complessa, ma è più flessibile.

COMPORTEMENTO DEL DISPOSITIVO ATTESO (ppm)

LIVELLO INQUINANTE	LED ACCESO	VIBRAZIONE
Normale (sotto soglia moderata prevista da legge)	✗ OFF	✗ OFF
Moderato (sopra soglia moderata prevista da legge)	✓ ON	✗ OFF
Critico (soglia critica prevista da legge)	✓ ON	✓ ON

Il dispositivo wearable fornisce due tipologie di feedback all'utente per garantire un monitoraggio efficace degli inquinanti atmosferici:

Feedback Visivo (LED) --> Attivato al superamento della soglia moderata

Feedback Vibrazionale + LED --> Attivato al superamento della soglia critica

La vibrazione è essenziale per allertare l'utente anche in situazioni di scarsa visibilità o distrazione, garantendo un'azione tempestiva in caso di superamento delle soglie critiche

VS

COMPORTEMENTO DEL DISPOSITIVO REALE

LIVELLO INQUINANTE	LED ACCESO	VIBRAZIONE
Normale (confidenza stimata <60%)	✗ OFF	✗ OFF
Moderato (confidenza stimata tra il 60% e il 80%)	✓ ON	✗ OFF
Critico (confidenza stimata >80%)	✓ ON	✓ ON

confidenza stimata = cioè una stima della probabilità che l'ambiente sia effettivamente pericoloso.

Esempio pratico: se il sensore rileva un pattern che, secondo il modello ML, somiglia al 90% a un pattern associato a una forte presenza di CO, viene attivato il feedback completo (vibrazione + led)

L'approccio quantitativo (ppm) è semplice da implementare, con soglie fisse e risposta diretta.

L'approccio qualitativo (ML) è più complesso, richiede classificazione in tempo reale, ma risulta molto più flessibile e adattabile alle reali condizioni ambientali.

Sensore: Monossido di Carbonio (CO)

Elemento di Test: Monossido di carbonio generato attraverso la combustione di una candela in condizioni di carenza di ossigeno molecolare.



Sensore: monossido di carbonio

Osservazioni: È stato osservato un picco di concentrazione tra 1.3 e 1.4, con un'estensione fino a circa 1.6.

Il sensore ha rilevato un aumento marcato della concentrazione di CO, come atteso durante la combustione incompleta della fiamma. Questo comportamento evidenzia la sensibilità del sensore al monossido di carbonio e conferma la validità del metodo di generazione del gas, nonostante le difficoltà tecniche e i rischi associati alla sua produzione. La forma della curva di distribuzione suggerisce una crescita rapida della concentrazione seguita da una discesa più graduale, coerente con la dinamica di spegnimento della fiamma.

Sensore: Composti Organici Volatili (VOC)

Distribuzione: Quasi gaussiana, centrata tra 0.12 e 0.13.

Osservazioni: È stata registrata una leggera variazione nella concentrazione di VOC, senza però raggiungere livelli significativi. La risposta del sensore è dovuta a una scarsa selettività o a una sensibilità eccessiva a sostanze non target.

Sensore: Biossido di Azoto (NO₂)

Distribuzione: Concentrata tra 0.09 e 0.13.

Osservazioni: Sono presenti alcuni picchi locali, ma nel complesso il valore si mantiene stabile.

Durante la combustione, si osservano lievi incrementi di NO₂. Tuttavia, tali variazioni potrebbero essere legate più alla risposta poco selettiva del sensore che alla reale produzione del gas.

Sensore: Solfuro di Idrogeno (H₂S)

Distribuzione: Multimodale, con picchi centrati su 0.4 e altri superiori a 0.6.

Osservazioni: Il sensore ha mostrato letture distribuite su più modalità, con picchi ben definiti.

Nonostante l'H₂S non sia tipicamente associato alla combustione, l'attività osservata può essere spiegata da fenomeni di interferenza, rumore di fondo o sensibilità incrociata. È noto che il sensore presenti una sensibilità incrociata al CO, stimata intorno al 120%.

Sensore: Ammoniaca (NH₃)

Distribuzione: Assente (letture prossime allo zero, salvo sporadici picchi casuali).

Osservazioni: Il sensore di NH₃ non ha mostrato alcuna attivazione significativa.

La fiamma, come previsto, non emette ammoniaca durante la combustione. I pochi picchi rilevati sono attribuibili a rumore di fondo o a imprecisioni nella lettura. Non si tratta quindi di una distribuzione reale, ma di dati anomali dovuti ai limiti del sensore stesso.

Contesto: Test in ambiente potenzialmente ricco di H_2S . In quanto la produzione e l'ottenimento controllato di H_2S non è né semplice né sicuro.

Elemento in test: H_2S generato mediante decomposizione di aglio e scarti organici alimentari.



Monossido di Carbonio (CO)

Osservazioni: La distribuzione dei valori rilevati risulta asimmetrica, con un picco compreso tra 1.3 e 1.4, e valori generalmente stabili. Il sensore non evidenzia variazioni significative rispetto al test di riferimento effettuato con combustione della fiamma, è plausibile ipotizzare un fenomeno di cross-sensibilità, ossia una risposta del sensore al H_2S nonostante non sia progettato per rilevarlo.

Composti Organici Volatili (VOC)

Osservazioni: La distribuzione appare simmetrica, quasi gaussiana, centrata intorno al valore di 0.12.

La presenza di VOC, seppur limitata, è compatibile con i composti volatili tipici della decomposizione organica e dell'aglio.

L'attivazione del sensore è debole e non mostra variazioni rilevanti, si osservano comunque tracce misurabili, anche se non è possibile escludere del tutto un effetto di cross-sensibilità.

Biossido di Azoto (NO_2)

Osservazioni: La distribuzione è contenuta tra 0.08 e 0.13.

Il sensore non mostra risposte rilevanti, confermando l'assenza di emissioni significative di NO_2 . Il comportamento osservato è compatibile con un valore di fondo stabile.

Idrogeno Solforato (H_2S) – Sensore target del test

Osservazioni: La distribuzione risulta multimodale, con picchi ben visibili tra 0.4 e 0.7.

Nonostante la presenza di questi picchi, la risposta complessiva del sensore appare estremamente bassa. È importante notare che in un processo biologico come la decomposizione, eventuali variazioni significative nei livelli di H_2S richiederebbero tempi più lunghi per manifestarsi, in quanto dipendenti dall'attività metabolica e riproduttiva dei batteri. La misurazione, effettuata in modalità one-shot e non in un intervallo temporale prolungato, limita pertanto l'interpretabilità del dato.

Ammoniaca (NH_3)

Osservazioni: La distribuzione è fortemente schiacciata verso lo zero. La risposta del sensore è minima, anche se si osserva una leggera attivazione. Ciò potrebbe indicare la presenza di quantità trascurabili di NH_3 nell'ambiente analizzato.

Sensore VOC: sebbene l'alcol non sia esplicitamente indicato tra le sostanze rilevabili dai sensori VOC, la sua presenza è stata comunque tracciata grazie all'impiego di tecniche di machine learning. Tuttavia, la misurazione diretta non è possibile a causa della sensibilità incrociata tipica di questi sensori. In effetti, ogni sensore mostra una risposta a più inquinanti, ma secondo pattern specifici che possono essere identificati e interpretati mediante algoritmi di apprendimento automatico. Di conseguenza, non è tanto l'attivazione del singolo sensore a fornire informazioni utili, quanto la possibilità di rilevare pattern distintivi all'interno del segnale complessivo. Va inoltre osservato che molti sensori presentano risposte paragonabili al rumore di fondo, rendendo ancor più rilevante l'utilizzo di modelli avanzati di interpretazione dei dati.



1. Sensore CO (Monossido di Carbonio)

Distribuzione: Multimodale, con due picchi principali attorno a 0.25 e 0.6.

Osservazioni: Valori massimi fino a circa 3800, con una frequenza significativa concentrata attorno a 0.6, suggerendo un comportamento anomalo. Poiché l'alcol non produce CO, si ipotizza un'interferenza chimica. È possibile che il sensore CO reagisca a vapori organici intensi (come l'alcol), mostrando una sensibilità incrociata e generando falsi positivi.

2. Sensore VOC (Composti Organici Volatili) – Sensore target del test

Distribuzione: Simmetrica, centrata attorno a 0.12, con molteplici picchi minori regolari. Osservazioni: Il sensore mostra una risposta chiara e definita.

Interpretazione: L'alcol, essendo un composto organico volatile, viene correttamente rilevato dal sensore. Le variazioni periodiche osservate possono essere attribuite all'elevata sensibilità del sensore o alla volatilità del composto durante l'esperimento.

3. Sensore NO₂ (Biossido di Azoto)

Distribuzione: Bimodale, con picchi a circa 0.2 e tra 0.28–0.3.

Interpretazione: L'alcol non rilascia NO₂; la risposta del sensore può dunque essere attribuita a interferenze incrociate o alla reazione a composti ossidanti o volatili affini.

4. Sensore H₂S (Idrogeno Solforato)

Distribuzione: Picco marcato attorno a 0.82, con picchi secondari tra 0.5 e 1.1.

Interpretazione: Poiché l'H₂S non è presente nei vapori alcolici, la risposta suggerisce una cross-sensitivity. Alcuni sensori a semiconduttore o con film metallico possono reagire in modo errato alla presenza di composti organici forti, come appunto l'alcol.

5. Sensore NH₃ (Ammoniaca)

Distribuzione: Picco molto pronunciato vicino allo zero, assenza di code significative.

Interpretazione: Il sensore non ha rilevato ammoniaca, comportandosi come previsto in un test con alcol. Il segnale osservato è attribuibile al solo rumore di fondo.

SENSORE: tutti e 5 i sensori attivati contemporaneamente
ELEMENTO TEST: AMBIENTE INDOOR/OUTDOOR



CO (Monossido di Carbonio)

Aspetto: Multimodale, con due picchi principali a circa 0.25 e 0.6.

In ambienti indoor può esserci una presenza bassa ma costante di CO, mentre outdoor tende a essere più pulito. Comunque, i valori sono moderati, quindi il sensore rileva tracce normali di CO.

VOC (Composti Organici Volatili)

Aspetto: Distribuzione centrata intorno a 0.12, con picchi regolari e simmetrici. Frequenza alta, con molte letture stabili. I VOC sono presenti in ambienti indoor (vernici, mobili, detersivi), e meno all'esterno. Questo tipo di distribuzione suggerisce una presenza costante e leggera, che rappresenta bene un ambiente abitato ma non contaminato.

NO₂ (Biossido di Azoto)

Aspetto: Bimodale, con picchi a circa 0.22 e 0.28–0.30. Frequenza abbastanza alta

Il NO₂ è tipicamente un marcatore della qualità dell'aria esterna. La presenza di due picchi può corrispondere a valori indoor più bassi e valori outdoor leggermente più alti, in linea con la realtà. Il sensore risponde bene alle differenze ambientali.

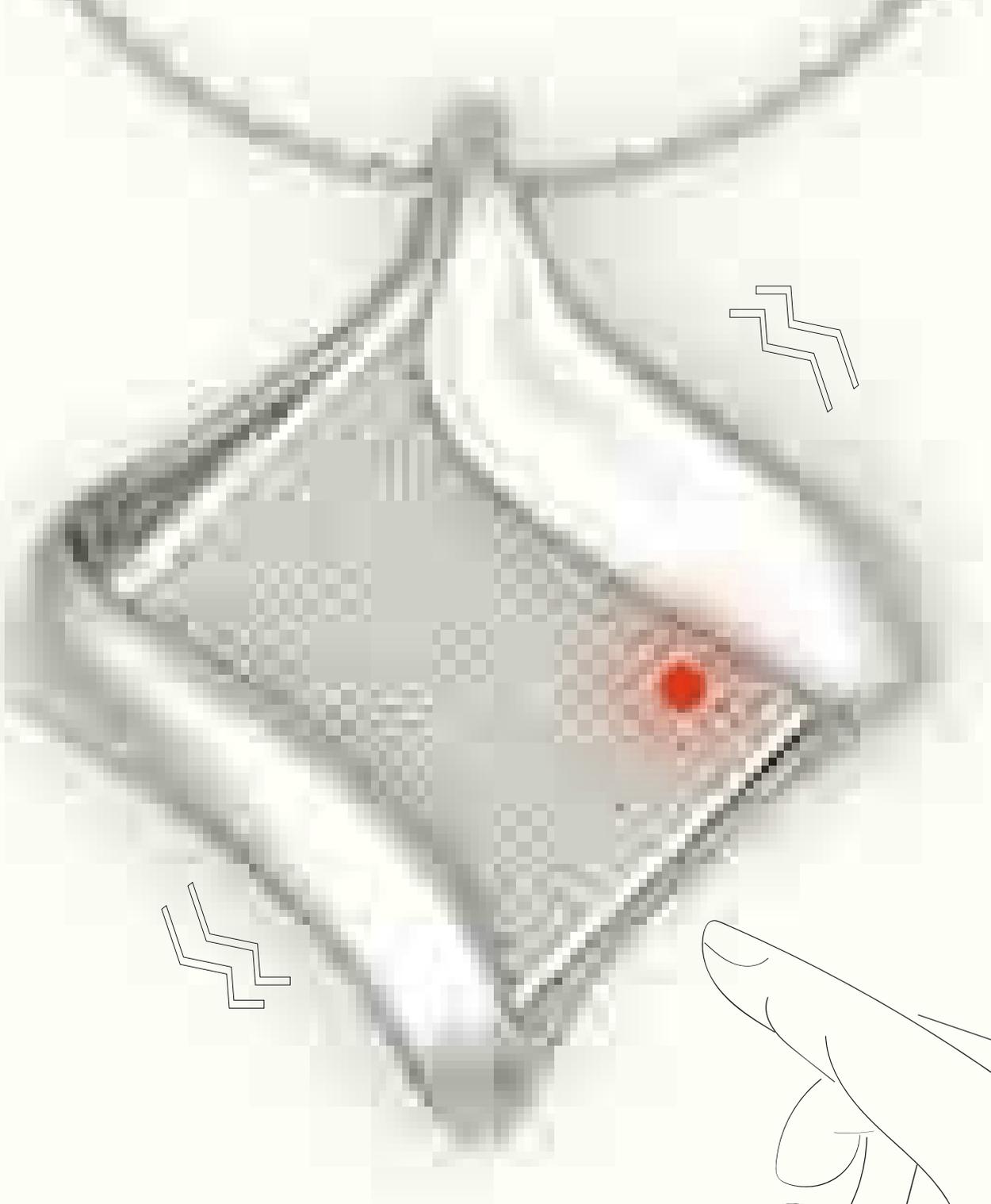
H₂S (Idrogeno Solforato)

Aspetto: Multimodale, ma con un picco dominante attorno a 0.82. Frequenza alta, ma meno marcata rispetto ai test con decomposizione. La presenza di H₂S in ambiente indoor/outdoor normale è sospetta. Potrebbe esserci una sorgente di fondo (es. scarichi, umidità, bagno), oppure il sensore mostra un segnale di fondo elevato. Non dovrebbe esserci così tanto H₂S in aria normale

Distribuzione di NH₃ (Ammoniaca)

Aspetto: Distribuzione schiacciata verso 0, picco altissimo a sinistra.

Il sensore NH₃ non ha rilevato concentrazioni rilevanti di ammoniaca, il che è perfettamente in linea con un ambiente normale. L'aria indoor può contenere tracce (da pulizie o cucina), ma nulla che superi il background. Risposta stabile e corretta.



INTERACTION DESIGN

NOTIFICHE E FEEDBACK UTENTE

Il feedback in un prodotto, sia esso digitale o fisico, rappresenta qualsiasi tipo di risposta che il sistema fornisce all'utente per comunicare lo stato di un'azione o di un'interazione. In altre parole, il feedback è il linguaggio attraverso cui un prodotto "dialoga" con chi lo utilizza, confermando il successo di un'operazione, segnalando un errore o suggerimenti offrendo per migliorare l'esperienza d'uso.

Il feedback può assumere diverse forme, a seconda del contesto e della tipologia di interazione:

Visivo – Elementi grafici come il cambiamento di colore di un pulsante dopo essere stato premuto, animazioni di caricamento o messaggi di conferma.

Sonoro – Suoni di notifica, segnali acustici o allarmi che indicano il successo o il fallimento di un'azione.

Tattile – Vibrazioni nei dispositivi mobili o nei controller di gioco per confermare un'interazione.

Testuale – Messaggi di errore, conferme di invio, suggerimenti per la realizzazione di un modulo.

Un feedback ben progettato serve per garantire un'esperienza utente fluida ed efficace, per diverse ragioni:

Aiuta l'utente a comprendere se un'operazione è stata completata con successo o meno.

Un sistema che fornisce feedback chiari permette agli utenti di correggere eventuali errori prima che diventino critici

Un'interfaccia con feedback ben studiati aiuta l'utente a navigare nel sistema senza necessità di istruzioni

Quando un prodotto comunica in modo efficace, l'utente si sente più sicuro nell'utilizzarlo, migliorando la soddisfazione complessiva.

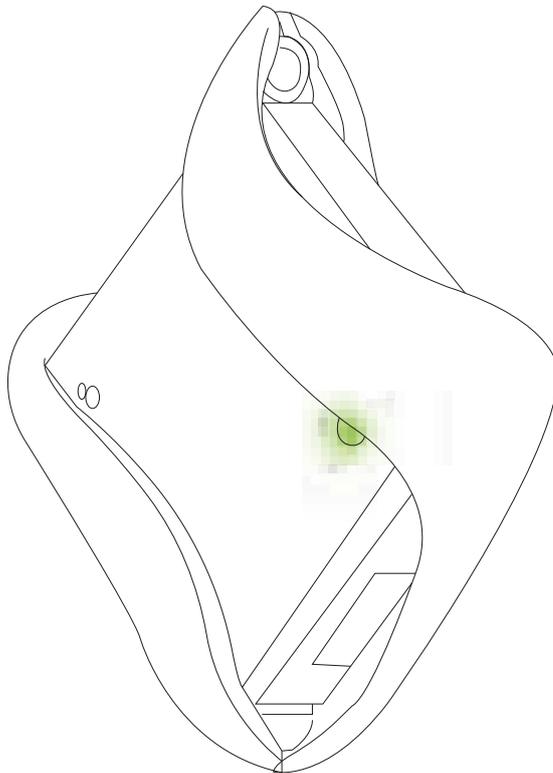
Il gioiello per il monitoraggio della qualità dell'aria deve integrare diversi tipi di feedback per informare gli utenti sulle condizioni ambientali. Questo dispositivo utilizzerà:

Feedback visivo – Indicatori LED con variazioni cromatiche per segnalare lo stato dell'aria.

Feedback tattile – Vibrazioni per avvisi urgenti

Feedback tramite app – Notifiche corredate di grafici e suggerimenti generici.

FEEDBACK VISIVO



ASSOCIAZIONE DEI 5 INQUINANTI AI COLORI DEI SIMBOLI DELLA TERRA

Ho associato i cinque principali inquinanti atmosferici ai colori dei cinque simboli della Terra, in modo da creare un sistema visivo intuitivo per identificarli. La scelta dei colori è stata determinata in base alla loro origine e al loro impatto ambientale.

Biossido di Azoto (NO₂) – Blu Scuro - Elemento Aria

Il blu scuro è spesso associato alla profondità dell'atmosfera. Il biossido di azoto (NO₂) è un inquinante chiave nella formazione dello smog fotochimico, che conferisce alle città inquinate la caratteristica foschia blu.

Composti Organici Volatili (COV) – Viola - Elemento Etere

Il viola evoca la chimica invisibile e insidiosa, rappresentando la pericolosità nascosta dei composti organici volatili (COV). Questi composti, spesso incolori ma con odori forti e penetranti, vengono rilasciati da una vasta gamma di prodotti industriali e domestici.

Ammoniaca (NH₃) – Verde - Elemento Terra

Il verde è il colore della natura e dell'agricoltura, da cui proviene gran parte dell'ammoniaca. Questo gas alcalino è rilasciato principalmente dai fertilizzanti agricoli e dalla decomposizione di materia organica, ma anche dai processi industriali e dagli allevamenti intensivi.

Monossido di Carbonio (CO) – Rosso - Elemento Fuoco

Il rosso, colore del fuoco e del pericolo, ben si addice al monossido di carbonio (CO), un gas inodore, incolore e altamente tossico. Il CO si forma dalla combustione incompleta dei combustibili fossili e può essere rilasciato da stufe, camini, caldaie difettose...

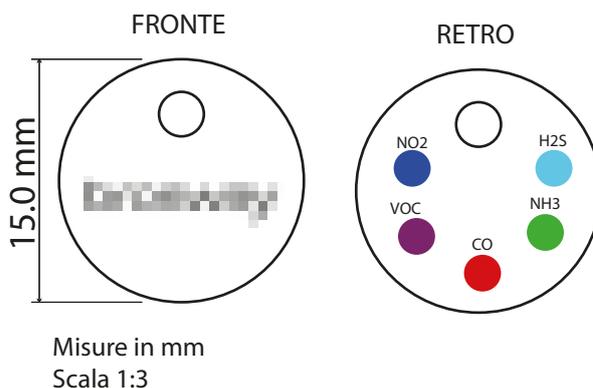
Idrogeno Solforato (H₂S) – Celeste - Elemento Acqua

Il celeste richiama l'acqua e l'origine naturale di questo gas. Questo gas, noto per il suo odore caratteristico di uova marce, si forma attraverso la decomposizione biologica di materiale organico in ambienti anaerobici, come paludi, fanghi di depurazione, sorgenti sulfuree e impianti di trattamento dei rifiuti.

- Biossido di Azoto
- Composti Organici Volatili
- Monossido di Carbonio
- Ammoniaca
- Idrogeno Solforato

ETICHETTA COME LEGENDA VISIVA

Si prevede l'aggiunta di un'etichetta personalizzata, posizionata discretamente nell'allungamento della collana, in modo da restare sul retro dell'utente. Questa targhetta in ottone presenterà, nella parte frontale, l'incisione del nome del brand partner, "Brosway", rafforzando così l'identità della collaborazione. Sul retro, invece, saranno applicati cinque piccoli smalti colorati, ciascuno rappresentante un diverso tipo di inquinante. Questi colori fungeranno da legenda visiva, facilitando la comprensione e aiutando l'utente a ricordare l'associazione tra ogni tonalità e il relativo tipo di inquinamento.



INDICAZIONI STATO DELLA DELLA BATTERIA

Nel microprocessore , è stato predefinito un colore standard per l'indicazione dello stato del dispositivo. In particolare, la spia luminosa rossa ha i seguenti significati operativi:

1. Quando il dispositivo è acceso e la batteria è in carica, la spia luminosa rossa si accende.
2. Se il cavo Type-C è collegato ma non è utilizzato per la ricarica, la spia luminosa rossa si accende per 30 secondi, dopodiché si spegne automaticamente.
3. Durante la ricarica, la spia luminosa lampeggia per indicare che la batteria sta ricevendo energia.
4. Quando la batteria raggiunge la carica completa, la spia luminosa rossa si spegne, segnalando che il processo di ricarica è terminato.

NB: Il LED indicatore dello stato della batteria è separato dal LED che segnala la presenza di inquinanti. Pertanto, anche se il colore rosso viene utilizzato per entrambi, sia per indicare un livello dello stato della batteria sia per segnalare un'elevata concentrazione di monossido di carbonio, non vi è alcun rischio di confusione. Questo perché i due LED sono fisicamente distinti e collocati in posizioni differenti sul dispositivo, garantendo una chiara distinzione visiva tra le due segnalazioni.

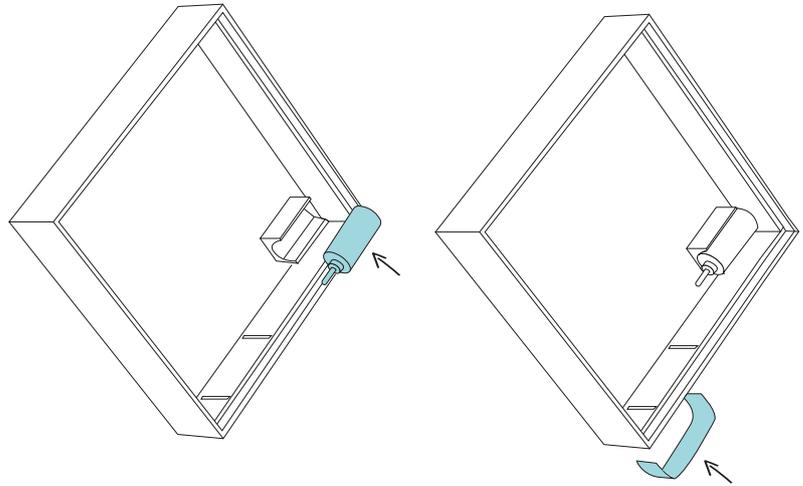


FASI DI ASSEMBLAGGIO DEL DEVICE WEARABLE

STEP 1- INSERIMENTO DEL MOTORE DEL FOGLIO DI NICKEL

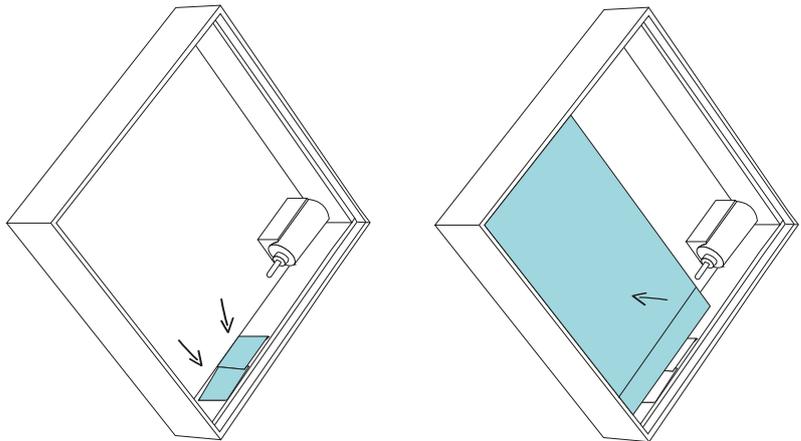
Prendere una parte della scocca a forma a rombo. Prendere il motore e posizionarlo sopra il suo alloggiamento dedicato all'interno della scocca. Con una leggera pressione, incastrare il motore fino a sentire un click, segno che è correttamente fissato nella sua sede. Assicurarsi che il motore sia ben stabile e che non ci siano giochi o movimenti indesiderati.

Prendere il foglio di nickel e inserirlo con attenzione attraverso i fori predisposti nella scocca. Con le dita, premere delicatamente il foglio di nickel verso l'interno, in modo che aderisca alla scocca ed eviti di fuoriuscire dai fori. Controllare che il foglio di nickel sia ben fissato e in posizione corretta, senza piegature o disallineamenti.

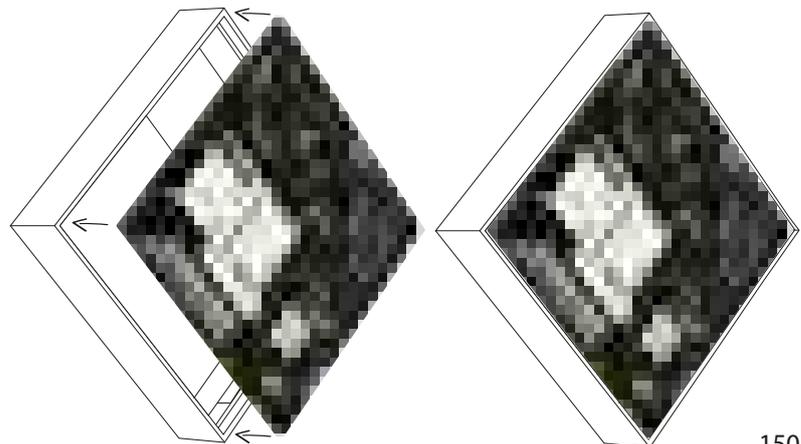


STEP 2- INSTALLAZIONE DELLA BATTERIA E PCB

Prendere la batteria e posizionarla all'interno dell'alloggiamento previsto nella scocca inferiore. Assicurarsi che sia completamente inserita nella sua sede e controllare che non ci siano cavi piegati o posizionati in modo errato.

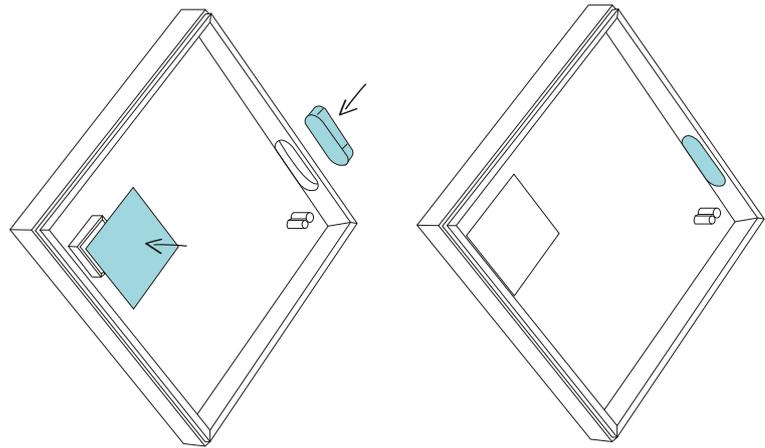


Prendere la scheda elettronica (PCB) già montata e posizionarla con cura sopra la batteria e il motore. Verificare che il PCB sia correttamente allineato con le guide di supporto nella scocca interna. Esercitare una leggera pressione affinché la scheda elettronica si incastri nella posizione corretta.

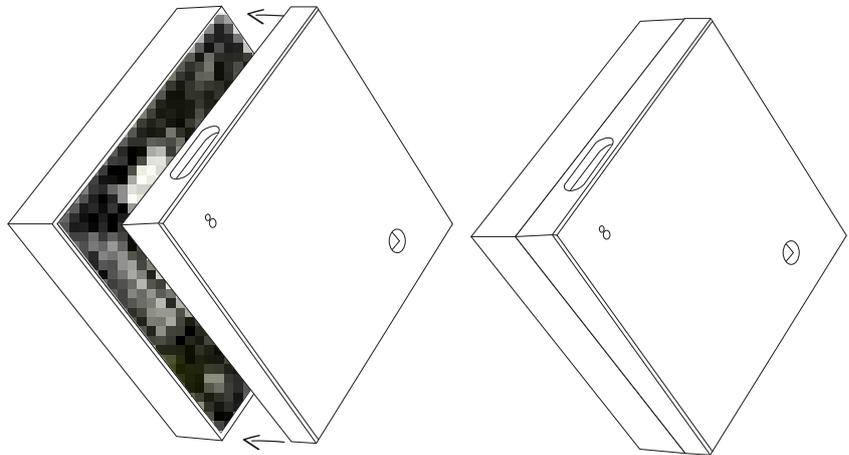


STEP 3- INSERIMENTO DEL NEOPIXEL E TAPPO PORTA USB-C

Prendere il NeoPixel e posizionarlo nel suo alloggiamento dedicato all'interno della scocca superiore. Spingere delicatamente fino a sentire un click, che conferma il corretto fissaggio del componente. Controllare che il NeoPixel sia allineato e ben stabile per garantire un'illuminazione ottimale.

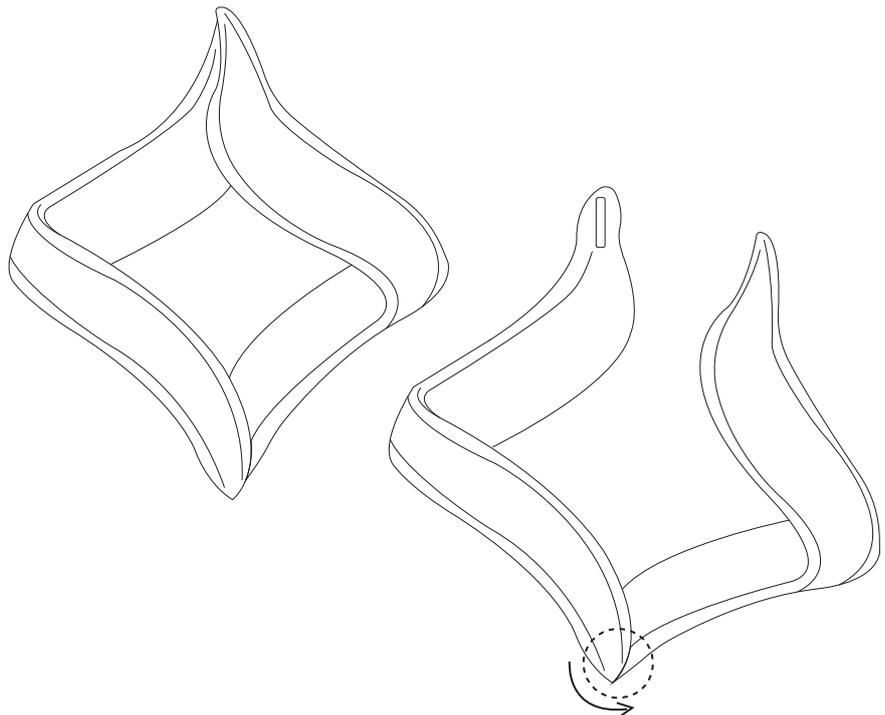


Prendere il tappo di chiusura per la porta USB-C e allinearli con l'alloggiamento predisposto, dove si trova il foro per il connettore. Premere fino a sentire un click, segno che il tappo è ben fissato e protegge correttamente la porta. Controllare che il tappo sia ben chiuso e che non presenti movimenti indesiderati.



STEP 4- ACCOPPIAMENTO SCOCCA SUPERIORE-INFERIORE

Accoppiare la scocca interna superiore e inferiore, allineando i punti di incastro maschio-femmina. Premere lungo i bordi per assicurarsi che le due parti si uniscano in modo uniforme, fino a ottenere una chiusura completa e stabile. Verificare che l'assemblaggio sia solido, senza spazi tra le due metà della scocca, e che tutti i componenti interni siano ben fissati.

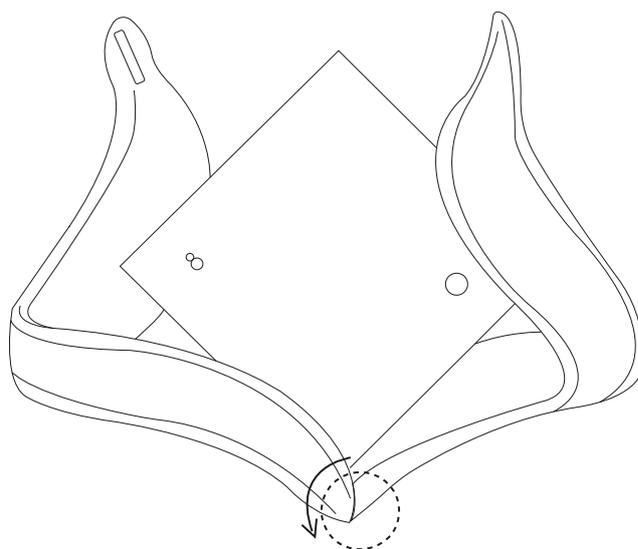


STEP 5- PRENDERE E APRIRE SCOCCA ESTERNA

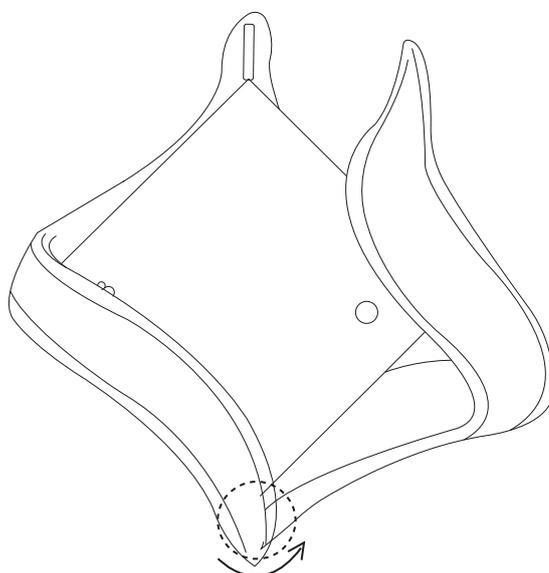
Prendere la scocca esterna, che può essere aperta tramite rotazione, e ruotarla in senso antiorario per aprirla.

STEP 6- APERTURA PARTI SNODABILI

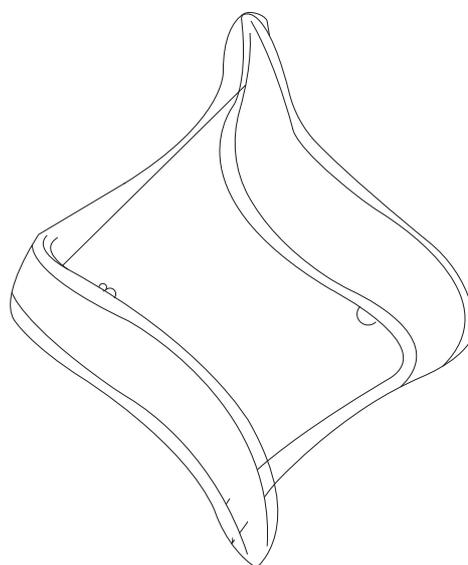
Aprire le due parti snodabili fino a circa 180° (l'angolo di apertura potrebbe essere maggiore). Prendere la scocca interna e posizionarla con cura all'interno degli incavi appositamente creati, assicurandosi che aderisca perfettamente e rimanga stabile senza movimenti.



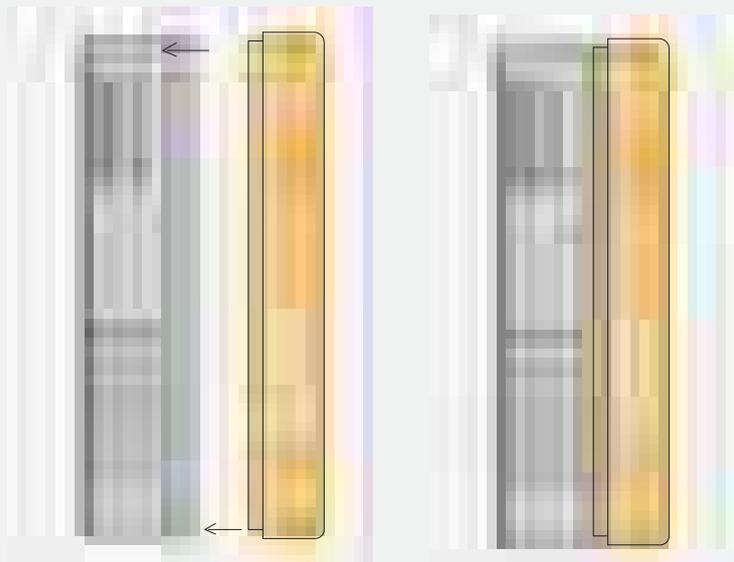
Chiudere la prima parte snodabile, riportandola da 180° a 0°. Chiudere anche l'altra parte snodabile (la controparte), riportandola da 180° a 0°. Grazie alla presenza di un perno rotante, la struttura si allinea perfettamente. Avvicinare i due anelli (uno per ciascuna parte) fino a farli accavallare. Quando si incastrano correttamente, si sentirà un click che conferma la chiusura sicura.



A questo punto, tutte le parti sono assemblate e si può aggiungere la catena per completare il gioiello.



INCASTRO



INCASTRO FEMMINA MASCHIO

Parte Maschio

Questa componente presenta un'estensione/ sporgenza di forma geometrica, progettata per incastrarsi perfettamente con la parte femmina. Si tratta di un bordo rialzato che si inserisce nella sua controparte complementare, garantendo un accoppiamento stabile e sicuro.

Parte Femmina

Caratterizzata da una cavità appositamente sagomata, la parte femmina accoglie perfettamente la parte maschio. Le tolleranze minime di lavorazione assicurano un incastro preciso, riducendo al minimo movimenti indesiderati. Il sistema di blocco è a scatto, garantendo una connessione sicura e affidabile.



MECCANISMO DI ROTAZIONE

Foro di Alloggiamento (Pezzo 1)

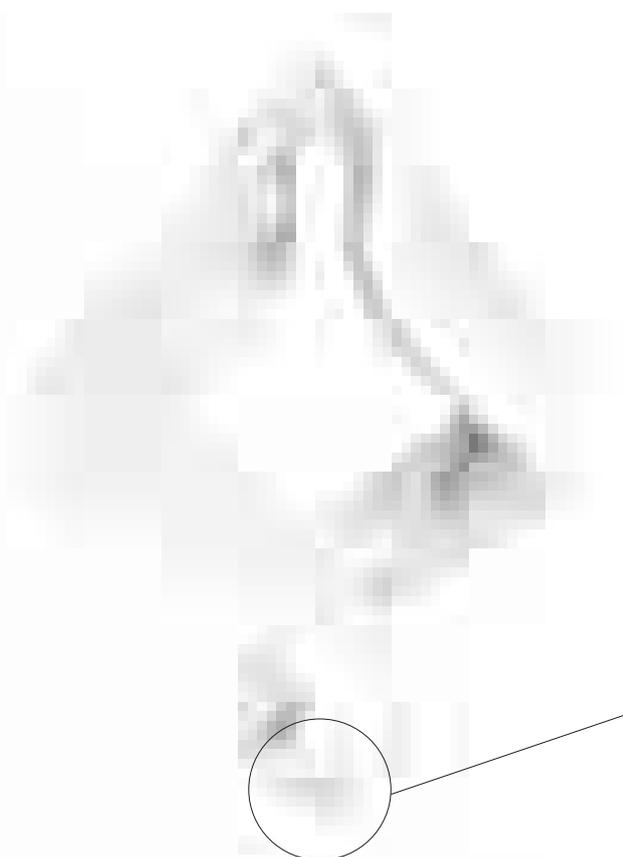
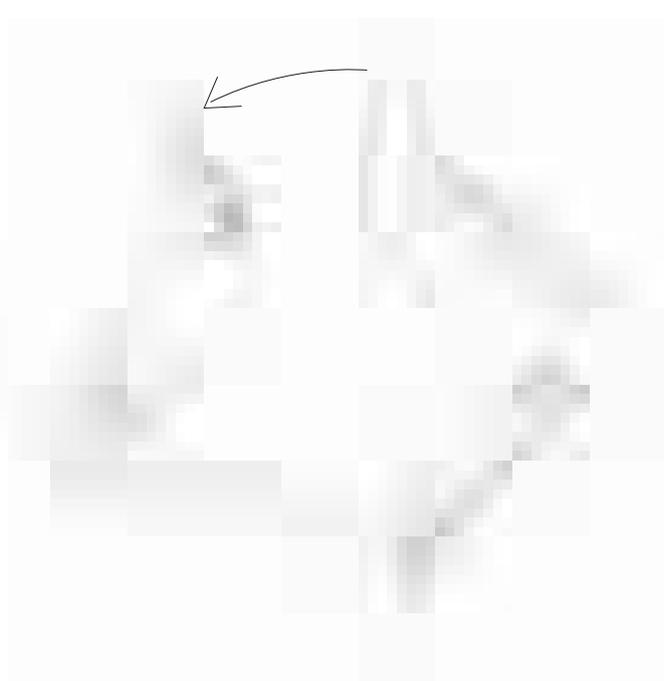
Il primo componente del gioiello, "Pezzo 1", è progettato con un foro di alloggiamento calibrato con precisione per ospitare il perno di connessione. Questo foro funge da fulcro del movimento, permettendo la rotazione controllata del secondo pezzo rispetto al primo. La superficie interna del foro è levigata per ridurre l'attrito e garantire una scorrevolezza ottimale durante l'apertura e la chiusura del gioiello.

Perno di Connessione (Pezzo 2)

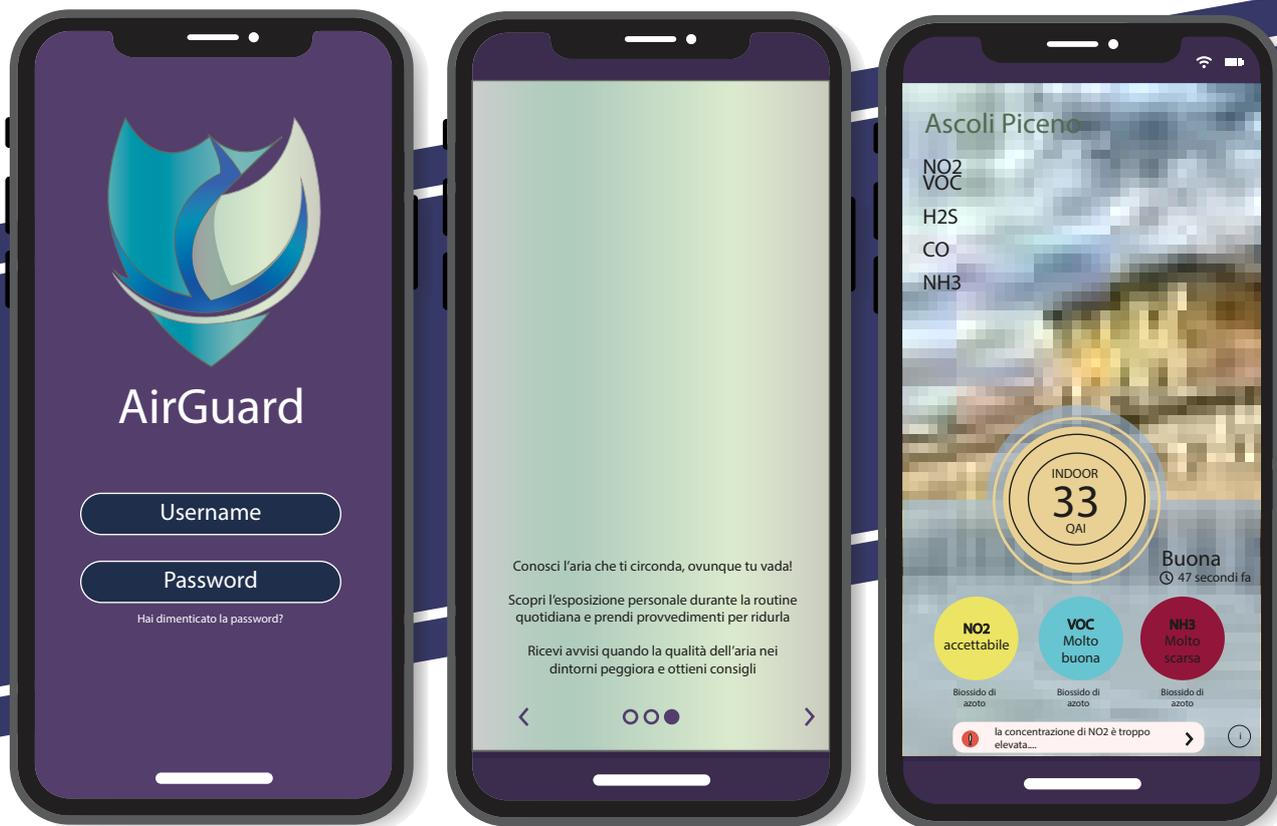
Il secondo componente, "Pezzo 2", è dotato di un perno integrato, il quale viene inserito nel foro del Pezzo 1. Il perno è sagomato in modo tale da garantire un accoppiamento perfetto con il foro, assicurando così stabilità e precisione nei movimenti. Per evitare che il perno possa accidentalmente fuoriuscire dalla sua sede, all'estremità viene aggiunto un elemento di bloccaggio semisferico. Questo componente svolge una doppia funzione: Impedisce il disallineamento del perno, mantenendo il sistema strutturalmente integro. Preserva la fluidità della rotazione, evitando giochi indesiderati o attriti eccessivi che potrebbero compromettere la durata del meccanismo.



Per chiudere il gioiello, il Pezzo 1 viene avvicinato al Pezzo 2 fino a ottenere un accoppiamento perfetto. Il meccanismo di chiusura sfrutta un sistema a scatto. Ogni pezzo (1-2) è dotato di un piccolo anello di aggancio, progettato per interconnettersi automaticamente con l'altro elemento mediante un sistema di incastro. Per prevenire aperture accidentali e assicurare la massima stabilità del gioiello, viene aggiunta una catena che collega i due pezzi. Questo elemento previene l'allontanamento involontario dei componenti, evitando la perdita del gioiello e permette al gioiello di essere indossato



CONCEPT DELL'APP MOBILE E CREAZIONE DELL'INTERFACCIA UTENTE



CARATTERISTICHE PRINCIPALI DELL'APP

LOGIN SICURO

Accesso tramite username e password.

Funzione "Hai dimenticato la password?" per il recupero dell'account.

INTRODUZIONE E GUIDA ALL'USO

Breve tutorial introduttivo che spiega i benefici dell'app:

Conoscere la qualità dell'aria circostante.

Monitorare l'esposizione personale agli inquinanti.

Ricevere avvisi e consigli quando la qualità dell'aria peggiora.

DASHBOARD IN TEMPO REALE

Visualizzazione della qualità dell'aria in una determinata località (es. Ascoli Piceno).

Dati su inquinanti specifici: NO₂, VOC, H₂S, CO, NH₃.

Indicatore QAI (Quality Air Index), in questo caso INDOOR 33, classificato come "Buona".

Colori e icone intuitive per indicare il livello di ogni inquinante:

NO₂: Accettabile

VOC: Molto buona

NH₃: Molto scarsa

Notifiche in tempo reale (es. "la concentrazione di NO₂ è troppo elevata...").

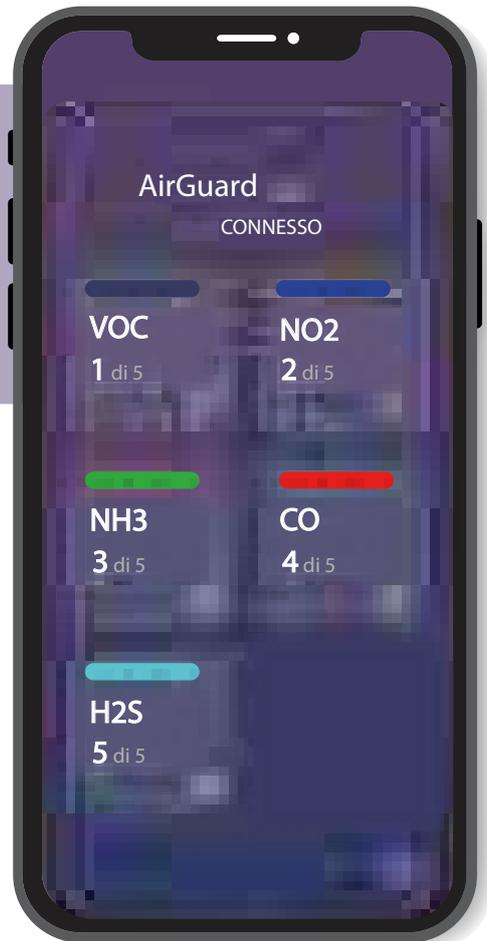


Misurazioni codificate a colori

Dai un'occhiata veloce a tutti i sensori con informazioni utili

Grafici storici dettagliati

Scopri come la qualità dell'aria cambiata nel tempo



Indice qualità dell'aria

Valutare l'indice e informazioni/ suggerimenti generici su cosa è meglio fare (migliorare ventilazione)

Mappe storiche

Visualizza la cronologia della qualità dell'aria tramite punti colorati su una mappa





**STAMPA 3D
E PROTOTIPO**



STAMPA 3D

La stampa 3D nasce ufficialmente nel 1986, quando Chuck Hull deposita il brevetto della stereolitografia. A partire dal 1986, la stampa 3D ha conosciuto una continua evoluzione, grazie all'introduzione di nuove tecnologie e materiali con proprietà meccaniche diversificate, favorendone l'adozione in numerosi settori: dall'industria al settore sanitario, fino a quello domestico. Un'importante tappa nello sviluppo di questa tecnologia si ha nel 2006, quando Sébastien Dion, John Balistreri e altri ricercatori della Bowling Green State University iniziano a sperimentare l'uso della stampa 3D nella creazione di oggetti d'arte ceramica. Il loro lavoro porta alla realizzazione di polveri ceramiche e sistemi di legatura che permettono di stampare modelli in argilla a partire da file digitali e successivamente cuocerli, aprendo così nuove frontiere nell'ambito artistico e manifatturiero. Un'altra svolta avviene nel 2009, con la scadenza del brevetto 5.121.329 relativo alla tecnologia FDM (Fused Deposition Modeling). Questo evento determina una drastica riduzione dei costi delle stampanti 3D, rendendole accessibili anche a piccole e medie imprese e favorendone la diffusione negli uffici. Rispetto ad altre tecnologie produttive, come quelle sottrattive o lo stampaggio a iniezione, le stampanti 3D si distinguono per la maggiore velocità, affidabilità e semplicità d'uso. Offrono inoltre la possibilità di realizzare, in un unico processo, componenti costituiti da materiali con diverse proprietà fisiche e meccaniche, oltre a permettere la produzione di geometrie estremamente complesse in un solo pezzo. Questo le rende economicamente vantaggiose anche per tirature molto limitate. Dal punto di vista tecnico, una stampante 3D è composta da una struttura di base e da vari moduli e componenti, spesso intercambiabili, oltre che da una scheda madre elettronica – generalmente a 8, 32 o, più raramente, 64 bit – che ne gestisce le funzionalità tramite un firmware configurabile. Tale firmware può essere personalizzato in base ai moduli installati, aggiornando parametri e tarature ogni volta che si sostituisce un componente. La stampa 3D, nota anche come prototipazione rapida, appartiene alla famiglia delle tecnologie additive e consente la realizzazione di oggetti tridimensionali strato dopo strato, direttamente a partire da un modello CAD.

STAMPA 3D IN RESINA SLA (utilizzata per realizzazione prototipo)

La stampa 3D in resina è basata sul processo di fotopolimerizzazione. Questo metodo sfrutta resine liquide sensibili alla luce ultravioletta (UV), che vengono solidificate selettivamente per formare oggetti tridimensionali, strato dopo strato. Ciò che rende la stampa in resina particolarmente apprezzata è l'elevatissima precisione, la qualità superficiale eccellente e la capacità di riprodurre dettagli finissimi, difficilmente ottenibili con altre tecnologie additive come la FDM. Alla base di questa tecnologia vi è l'utilizzo di una resina fotopolimerica, composta da monomeri e oligomeri, che sotto esposizione a una sorgente UV subiscono un processo chimico detto reticolazione: le molecole si legano tra loro, passando dallo stato liquido a quello solido. Questo processo avviene strato per strato, secondo la geometria predefinita del modello digitale (file CAD).

1. SLA (Stereolithography Apparatus)

La SLA è la tecnologia più storica e consolidata nel campo della stampa 3D in resina, sviluppata già negli anni '80. Il suo funzionamento si basa su un laser UV altamente focalizzato, che viene indirizzato tramite un sistema di specchi mobili (galvanometri) sulla superficie della resina. Il laser disegna ogni strato seguendo con estrema precisione il profilo del modello.

Vantaggi:

Risoluzione e accuratezza estreme (fino a 25 micron o meno), ideali per applicazioni che richiedono alta fedeltà nei dettagli, come gioielleria, odontoiatria, prototipazione fine.

Superficie liscia e finitura di alta qualità, riducendo la necessità di post-processing.

Grande varietà di resine specialistiche disponibili (resine calcinabili, resistenti al calore, biocompatibili, flessibili).

Limiti:

Tempi di stampa più lunghi, poiché il laser traccia punto per punto.

Costo delle macchine e dei materiali relativamente elevato, più adatto ad ambienti professionali.

VANTAGGI E SVANTAGGI STAMPA IN RESINA

VANTAGGI

Le stampanti a resina (SLA, DLP, MSLA) permettono di ottenere modelli con caratteristiche ultra-fini, raggiungendo dettagli inferiori ai 50 micron, un livello nettamente superiore rispetto alla maggior parte delle stampanti FDM tradizionali.

La tecnologia a resina produce superfici omogenee e levigate, con strati praticamente impercettibili, riducendo drasticamente la necessità di post-lavorazioni (come levigatura e stuccatura) richieste invece nelle stampe FDM.

Il catalogo di resine disponibili copre un ampio spettro di esigenze industriali e creative:

Resine standard: Perfette per prototipi generici e modelli concettuali.

Resine flessibili/elastomeriche: Ideali per parti morbide, pieghevoli o resistenti agli urti, simulando materiali come silicone o gomma.

Resine ad alta temperatura: Offrono stabilità termica e resistenza meccanica, adatte per stampi o componenti soggetti a calore.

Resine castabili: Bruciano senza lasciare ceneri o residui, ideali per la fusione a cera persa in oreficeria e microfusione industriale.

Resine ingegneristiche: Simulano le proprietà meccaniche di materiali come ABS, polipropilene o nylon, garantendo alta resistenza meccanica, elasticità modulabile e durabilità.

SVANTAGGI

Le resine fotopolimeriche presentano un costo per litro più alto rispetto ai filamenti FDM, e il prezzo può variare sensibilmente in base alla tipologia e alle caratteristiche richieste

Le resine standard, pur garantendo elevata precisione, tendono a essere più rigide e fragili rispetto ai materiali termoplastici usati nell'FDM. Tuttavia, l'introduzione di resine ingegneristiche e formulate per specifiche applicazioni ha ridotto notevolmente questo limite, ampliando le possibilità d'uso funzionale.

A differenza delle stampe FDM, le stampe a resina richiedono fasi aggiuntive di lavaggio (solitamente in alcool isopropilico) e polimerizzazione sotto luce UV per stabilizzare completamente il modello. Ciò comporta tempi aggiuntivi, costi per attrezzature dedicate e ambienti adeguatamente attrezzati.

Molte resine contengono composti tossici, irritanti per la pelle e potenzialmente dannosi se inalati. È quindi fondamentale lavorare in ambienti ben ventilati, con dispositivi di protezione individuale adeguati



stampante utilizzata: 3D SLA form 3+

MATERIALE NECESSARIO

Stampante 3D a resina (SLA)

Modello utilizzato: Form 3+

Resina UV compatibile

Tipo utilizzato: Grey Resin (finitura opaca, ideale per mettere in risalto i dettagli)

Software slicer: PreForm (compatibile con la stampante Formlabs)

Software di modellazione 3D: Altair Studio per la modellazione + Netfabb per la correzione della mesh (mesh chiusa, normali corrette)

Macchina Wash & Cure

Guanti in nitrile e mascherina

Spatola in plastica per la rimozione del modello

Pinzette e/o tronchesine per la rimozione dei supporti

Lampada UV o macchina per il curing

GUIDA ALLA COSTRUZIONE DI PROTOTIPI IN RESINA

FASE 1 – Preparazione del Modello 3D

Il modello 3D viene realizzato con il software Altair Studio. Eventuali errori nella mesh vengono corretti con Netfabb, garantendo una mesh chiusa e normali orientate correttamente. Il file 3D (formato STL) viene importato nel software PreForm. Il modello viene orientato con un'inclinazione di circa 30°-45°, al fine di ridurre le forze di peeling, minimizzare i rischi di fallimento e semplificare la rimozione dei supporti. I supporti vengono generati in parte automaticamente dal software, in parte ottimizzati manualmente per evitare segni visibili in aree delicate.



FASE 2 – Avvio della Stampa

Il file viene caricato sulla stampante e si procede all'avvio della stampa.

Durante i primi layer, viene verificata l'adesione al piatto. In caso di mancata adesione, si interrompe la stampa per controllare livellamento e parametri.

FASE 3 – Rimozione del Modello

Terminata la stampa, il piatto viene rimosso e posizionato su una superficie protetta.

Il modello viene staccato delicatamente utilizzando una spatola in plastica, prestando attenzione a non danneggiare né il modello né il piatto.



FASE 4 – Lavaggio del Modello

Il modello viene lavato con alcool isopropilico, utilizzando una macchina Wash & Cure per garantire un lavaggio uniforme. Successivamente, viene asciugato per circa 15 minuti con l'asciugatrice integrata



FASE 5 – Curing del Modello

Il modello viene sottoposto a post-curing mediante lampada UV e macchina Wash & Cure per 15 minuti

FASE 6 – Rimozione dei Supporti

I supporti vengono rimossi manualmente con pinzette

FASE 7 – Rifinitura Superficiale

Si procede con carta abrasiva fine (600-1000 grit) per eliminare eventuali segni dei supporti e imperfezioni.

FASE 8 – Pulizia e Smaltimento

Il piatto di stampa, il vat e gli attrezzi vengono puliti con alcool isopropilico

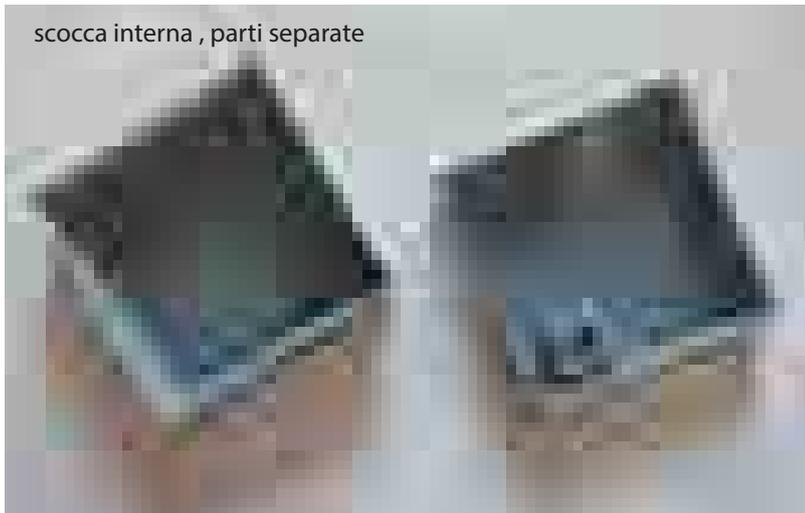
I residui di resina e alcool contaminato vengono trattati come rifiuti speciali, seguendo le normative locali vigenti.

Non devono essere versati negli scarichi.



FOTO PROTOTIPO

scocca interna , parti separate

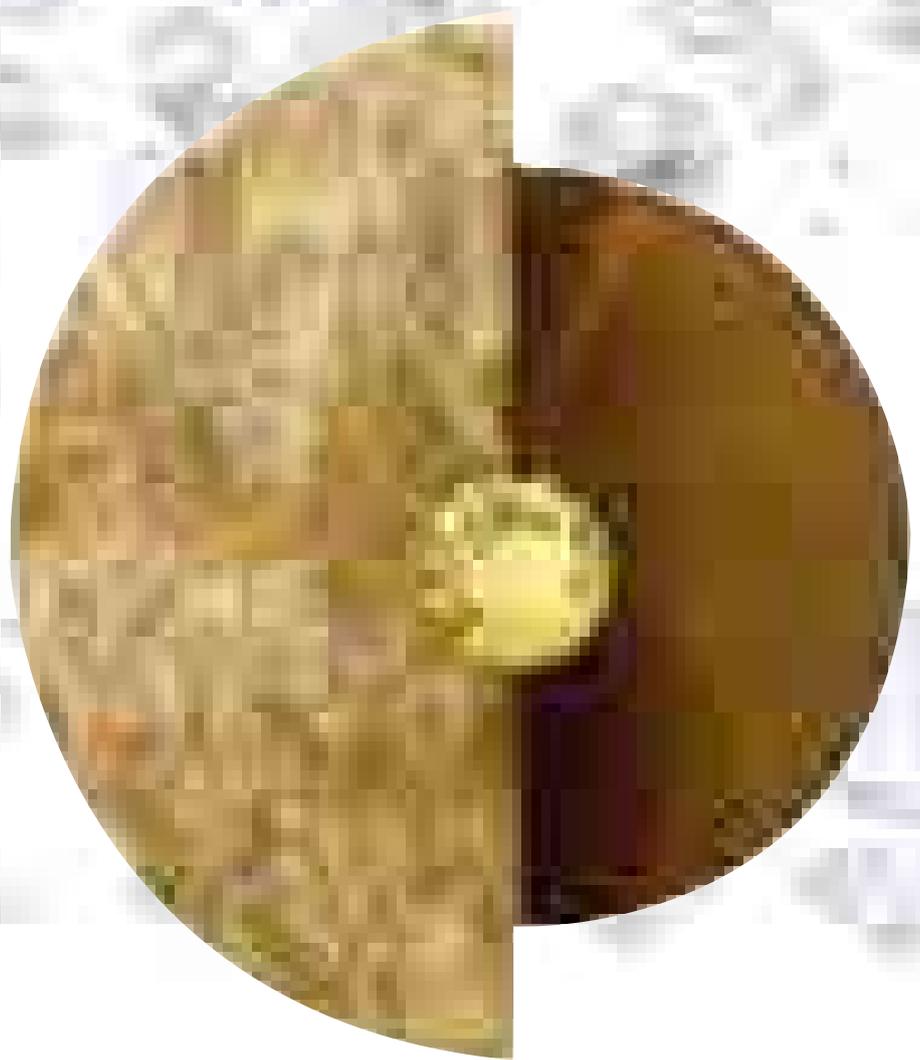


scocca interna , parte superiore (con focus su dettaglio microforato)



scocca esterna





MATERIALI E FASI LAVORAZIONE

OTTONE ECOBRASS: L'OTTONE SOSTENIBILE

L'Ecobross, conosciuto tecnicamente con la sigla CW724R e noto anche come CUPHIN® o Ecosi, è un tipo innovativo di ottone che rappresenta un'alternativa ecologica e sicura per molteplici settori, tra cui la gioielleria. La sua principale caratteristica è la ridottissima presenza di piombo, inferiore allo 0,1%, un elemento tradizionalmente utilizzato nelle leghe metalliche ma identificato come inquinante e dannoso per la salute umana e l'ambiente.

L'utilizzo dell'Ecobross nel settore orafa e della gioielleria presenta diversi vantaggi:

L'assenza quasi totale di piombo rende l'Ecobross un materiale sicuro per il contatto con la pelle, evitando il rischio di allergie o irritazioni cutanee, problema comune in alcuni gioielli contenenti metalli pesanti.

Questo ottone è considerato un materiale ecologico, in quanto può essere lavorato e riciclato in un sistema a ciclo completo, riducendo l'impatto ambientale rispetto alle leghe tradizionali. Inoltre, la sua produzione richiede meno energia rispetto all'ottone convenzionale, contribuendo al risparmio energetico globale.

Grazie alla presenza di silicio e fosforo al posto del piombo, l'Ecobross ha una maggiore resistenza alla corrosione, all'ossidazione e all'appannamento rispetto all'ottone standard. Questo lo rende ideale per la creazione di gioielli destinati a durare nel tempo senza perdere la loro brillantezza.

CARATTERISTICHE

Composizione chimica

Rame (Cu): ~76-78%

Zinco (Zn): ~21-23%

Silicio (Si): ~2,0-3,0%

Fosforo (P): ~0,03-0,35%

Piombo (Pb): ≤0,1% (quasi assente)

Proprietà meccaniche

Densità: ~8,3 g/cm³

Resistenza alla trazione (Rm): 500-750 MPa

Carico di snervamento (Rp0,2): 350-500 MPa

Allungamento a rottura (A50): ~10-30%

Durezza Brinell (HB): 140-200 HB

Modulo di elasticità: ~105 GPa

Coefficiente di Poisson: ~0,34

Ottima resistenza alla corrosione (dezincificazione e tensocorrosione)

Elevata resistenza all'ossidazione e all'appannamento

Eccellente lavorabilità per deformazione plastica (stampaggio a freddo e a caldo)

Buona resistenza meccanica, paragonabile a quella dell'acciaio in alcune applicazioni

Facilmente forgiabile e tornibile

Riciclabile al 100%

Proprietà termiche

Punto di fusione: ~960-980°C

Conducibilità termica: ~60-80 W/(m·K)

Espansione termica (20-300°C): ~20 x 10⁻⁶/K

Proprietà elettriche

Conducibilità elettrica: ~15-20% IACS (International Annealed Copper Standard)

Resistività elettrica: ~0,8-1,2 μΩ·m



CUBIC ZIRCONIA

Negli ultimi anni, il crescente interesse per la sostenibilità e l'etica nella gioielleria ha spinto sempre più consumatori e aziende a ricercare alternative responsabili ai diamanti e ad altre pietre preziose. Tra queste, la cubic zirconia (CZ) e altri cristalli sostenibili rappresentano opzioni eccellenti sia dal punto di vista estetico che ambientale, contribuendo a ridurre l'impatto ecologico e sociale dell'estrazione mineraria. I cristalli sintetici, inclusa la cubic zirconia, sono prodotti in condizioni controllate, eliminando molti dei problemi legati all'estrazione mineraria, come la deforestazione, il degrado del suolo e le violazioni dei diritti umani spesso associate alle miniere di pietre preziose. La produzione di cristalli in laboratorio utilizza tecnologie avanzate che riducono significativamente il consumo di acqua e le emissioni di carbonio rispetto all'estrazione tradizionale. Inoltre, queste pietre non comportano il rischio di finanziamento di conflitti, un problema noto nel commercio dei diamanti naturali. La cubic zirconia è una pietra sintetica creata in laboratorio, sviluppata per la prima volta negli anni '70 come alternativa economica ai diamanti. Chimicamente, è composta da ossido di zirconio stabilizzato con ittrio per mantenere la sua struttura cristallina cubica.

Grazie alla sua elevata brillantezza e dispersione della luce, la cubic zirconia offre un effetto visivo molto simile a quello del diamante, con una trasparenza e una rifrazione della luce eccellenti.

Con una durezza di circa 8-8,5 sulla scala di Mohs, è sufficientemente resistente per l'uso quotidiano, anche se più morbida rispetto ai diamanti (10 sulla scala di Mohs). Per questo motivo, richiede una certa attenzione per evitare graffi e usura nel tempo.

Può essere prodotta in diverse tonalità attraverso l'aggiunta di ossidi metallici, offrendo una vasta gamma di alternative estetiche per soddisfare gusti e stili differenti.

Essendo sintetizzata in laboratorio, la cubic zirconia è significativamente più economica rispetto ai diamanti naturali e ai diamanti coltivati in laboratorio, rendendola un'opzione accessibile per chi desidera un gioiello di grande impatto visivo senza i costi elevati associati ai diamanti.

CARATTERISTICHE TECNICHE

Composizione chimica: Ossido di zirconio (ZrO_2) stabilizzato con ossido di ittrio (Y_2O_3)

Struttura cristallina: Cubica (simile a quella del diamante)

Densità: 5,6 - 6,0 g/cm³ (più alta rispetto al diamante, che è 3,52 g/cm³)

Indice di rifrazione: 2,15 - 2,18 (inferiore al diamante, che è 2,42)

Dispersione (fuoco della pietra): 0,058 - 0,066 (maggiore rispetto al diamante, che è 0,044)

Durezza (Scala di Mohs): 8 - 8,5 (meno dura del diamante, che è 10)

Tensione superficiale: Bassa, meno incline alla rottura rispetto ai diamanti naturali

Punto di fusione: Circa 2750°C

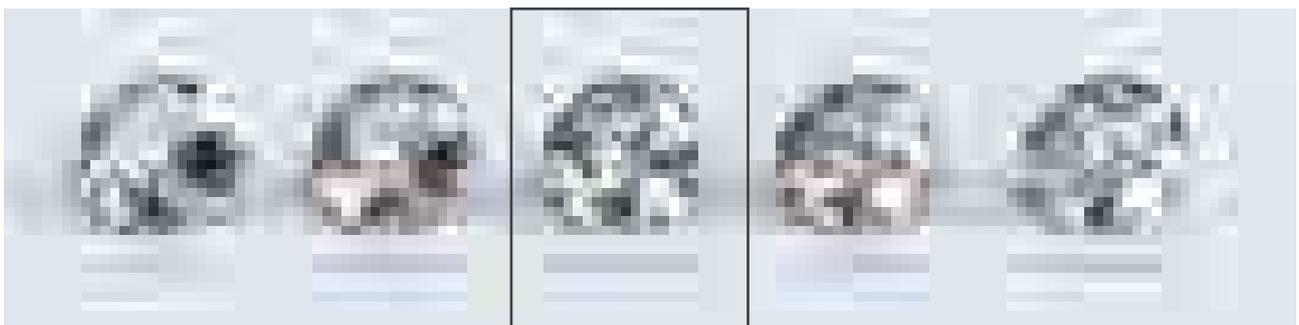
Resistenza termica: Relativamente elevata, ma inferiore a quella del diamante

Brillantezza: Molto elevata, paragonabile a quella del diamante

Colore: Incolore nella sua forma pura, ma può essere prodotto in diverse tonalità con l'aggiunta di ossidi metallici (es. rosa, giallo, verde, blu, ecc.)

Effetto visivo: Molto simile al diamante, ma con una dispersione della luce leggermente diversa

Lucentezza: Vitrea, meno "oleosa" rispetto alla moissanite



FASI PROCESSO REALIZZAZIONE GIOIELLO

1. Progettazione e Modellazione 3D

La realizzazione di un gioiello inizia con un'attenta fase di progettazione. Viene sviluppato il concept iniziale attraverso schizzi e rendering digitali, valutando le proporzioni e le linee estetiche. Successivamente, si procede con la modellazione tridimensionale (CAD 3D) che consente di definire con precisione ogni dettaglio, incluse le sedi per l'incastonatura dei cristalli cubic zirconia.

Dopo la validazione del design, si realizza un prototipo in resina mediante stampa 3D. Questa tecnologia consente di ottenere un modello fedele al progetto, utile per testare dimensioni, ergonomia e resa estetica. La resina utilizzata è specifica per la fusione a cera persa, garantendo una combustione pulita e senza residui.

2. Preparazione per la Fusione: Stampa del Modello in Resina e Creazione dello Stampo

Il modello in resina viene montato su un albero di colata e inserito in un cilindro riempito di gesso refrattario, un materiale che, una volta solidificato, forma uno stampo negativo dettagliato. Il cilindro viene poi sottoposto a un processo di cottura ad alta temperatura per eliminare completamente il modello in resina, lasciando un'impronta negativa all'interno del gesso.

3. Fusione in Ottone Ecobrass

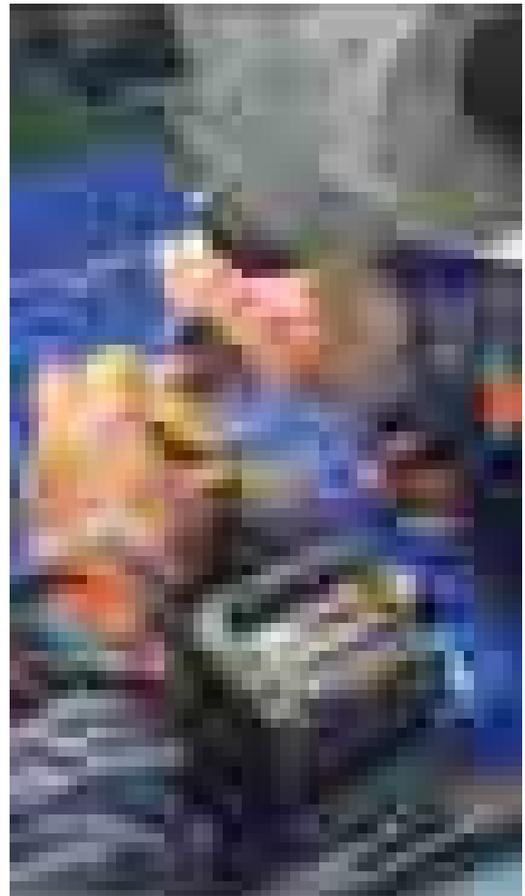
L'ottone Ecobrass, una lega esente da piombo con eccellenti proprietà meccaniche e resistenza all'ossidazione, viene fuso a temperature superiori ai 900°C. Il metallo liquido viene versato nello stampo mediante colata centrifuga o a vuoto, garantendo la completa riempitura dell'impronta e la riproduzione fedele dei dettagli. Dopo il raffreddamento, il gesso viene rimosso con getti d'acqua ad alta pressione, rivelando il gioiello grezzo.

4. Sgrossatura e Pulizia del Getto di Fusione

Il gioiello fuso presenta residui di gesso e canali di colata, che devono essere rimossi con diversi metodi: Spazzolatura meccanica per eliminare le impurità più grossolane. Trattamento in ultrasuoni per dissolvere le particelle di gesso nei punti più difficili da raggiungere. Sabbiatura con microsferi per uniformare la superficie e prepararla alle fasi di finitura.

5. Lavorazione e Finitura delle Superfici

Per ottenere un effetto estetico ottimale, il gioiello subisce diverse fasi di lavorazione superficiale: Lucidatura meccanica con spazzole e paste abrasive per eliminare graffi e imperfezioni. Satinatura con nastri abrasivi per creare un contrasto tra superfici lucide e opache. Micro-incisioni decorative per arricchire il design con texture specifiche.



6. Incastonatura del Pavé di Cristalli Cubic Zirconia

L'incastonatura richiede alta precisione e viene eseguita manualmente da orafi esperti: Preparazione delle sedi: vengono create con precisione millimetrica per garantire una perfetta aderenza dei cristalli. Inserimento dei cristalli cubic zirconia, posizionati uno ad uno. Fissaggio tramite micro-griffe o incastonatura a pavé, tecnica che dona un effetto brillante e uniforme. Controllo qualità con lenti d'ingrandimento per verificare la stabilità e l'allineamento dei cristalli.

7. Assemblaggio e Controllo Strutturale

Il gioiello è composto da più elementi, quindi si procede all'assemblaggio: Tecniche di incastro meccanico, che evitano l'uso di saldature e garantiscono una maggiore precisione. Verifica della tenuta strutturale per accertarsi che tutte le parti siano perfettamente allineate e sicure.

8. Trattamenti Protettivi: Placcatura e Antiossidazione

Per migliorare la durabilità e l'estetica, il gioiello viene sottoposto a trattamenti protettivi: Placcatura in rodio per conferire brillantezza e resistenza all'ossidazione. Trattamento antiossidante nanotecnologico per prevenire il naturale scurimento del metallo nel tempo. Poi viene verificata l'uniformità della placcatura, essenziale per garantire una protezione duratura.

9. Lucidatura Finale e Controllo Qualità

L'ultima fase prevede un'ulteriore lucidatura per perfezionare la brillantezza del gioiello. Ogni pezzo viene poi sottoposto a un controllo qualitativo: Esame visivo per individuare eventuali difetti superficiali. Test di resistenza per verificare la solidità dell'incastonatura e la durata della placcatura. Misurazione delle dimensioni per garantire la conformità agli standard richiesti.

10. Confezionamento e Presentazione

Una volta superati tutti i controlli, il gioiello viene sottoposto a una pulizia finale con panni in microfibra per eliminare eventuali impronte.



2 VERSIONI: PVD GUN + ACCIAIO



pezzo grezzo
non rodato





**CONTESTI D'USO
E INDOSSABILITA'**

SVILUPPO DI SCENARI D'USO REALISTICI

1. Monitoraggio dell'esposizione all'inquinamento atmosferico urbano

Un utente che vive in una città con alti livelli di inquinamento (come smog e polveri sottili) indossa il gioiello per monitorare continuamente la qualità dell'aria mentre si sposta tra le strade e le piazze cittadine. Il dispositivo invia notifiche quando l'inquinamento raggiunge livelli pericolosi, suggerendo all'utente di adottare misure di protezione in base all'inquinante rilevato

2. Monitoraggio della qualità dell'aria in ambienti chiusi (uffici, scuole, abitazioni)

Durante la giornata lavorativa o scolastica, il dispositivo monitora la qualità dell'aria all'interno degli edifici, rilevando sostanze nocive come il CO, VOC, e l'ammoniaca provenienti da arredamenti o prodotti chimici domestici.

3. Prevenzione per persone con malattie respiratorie

Persone con patologie respiratorie croniche come l'asma o la bronchite cronica utilizzano il dispositivo per monitorare costantemente l'aria che respirano prevenendo attacchi respiratori o altri malesseri legati alla qualità dell'aria.

4. Attività fisica all'aperto in ambienti contaminati

Gli utenti che praticano sport all'aperto (come correre o andare in bicicletta) possono monitorare in tempo reale la qualità dell'aria mentre si allenano in aree urbane /campagne o industriali. Il dispositivo segnala quando i livelli di inquinamento sono troppo alti per un'attività fisica sicura, e l'utente si sposta in aree meno inquinate o usa mascherine



5. Turismo e viaggi

I turisti o i viaggiatori che visitano grandi città o aree industriali possono utilizzare il dispositivo per essere informati sui livelli di inquinamento ambientale mentre esplorano luoghi diversi. Permette di evitare zone con alti livelli di inquinamento e di scegliere percorsi o attività in base ai dati raccolti dal gioiello.

6. Consapevolezza ambientale e azioni per la sostenibilità

Utenti ecologicamente consapevoli utilizzano il gioiello per monitorare la qualità dell'aria nella propria città e per sensibilizzarsi sulle aree più inquinate. I dati raccolti possono contribuire a cambiamenti di comportamento, come la riduzione dell'uso dell'auto in aree molto inquinate o la partecipazione a iniziative di sensibilizzazione sulla qualità dell'aria.

7. Monitoraggio dell'aria in ambienti industriali

I lavoratori che operano in ambienti industriali o di costruzione possono indossare il dispositivo per monitorare la qualità dell'aria nei luoghi di lavoro. Avvisi in tempo reale riguardanti la concentrazione di sostanze pericolose possono proteggere la salute dei lavoratori, permettendo loro di adottare misure di sicurezza in tempo utile.



INDOSSABILITA' DELLA COLLANA

La collana in questione appartiene alla categoria delle collane con pendente oversize, un tipo di gioiello caratterizzato dalla presenza di un ciondolo dalle dimensioni importanti e dal peso considerevole. Nel caso specifico, il pendente misura 61 mm x 69 mm e ha un peso di circa 100 grammi, caratteristiche che influenzano direttamente il modo in cui il gioiello viene indossato e percepito.

La struttura della collana è progettata per essere indossata lunga, con il ciondolo che si posiziona elegantemente al centro del petto. Questa configurazione consente di valorizzare l'elemento decorativo senza appesantire visivamente la zona del collo, offrendo un equilibrio tra imponenza ed eleganza. Grazie a questa lunghezza, la collana si presta sia a contesti formali che informali. Un aspetto distintivo è la presenza di una catena regolabile, che consente di modificare la lunghezza a seconda delle preferenze personali e delle esigenze stilistiche. Questo sistema di regolazione permette di indossare il gioiello anche in una versione più corta, avvicinando il ciondolo alla base del collo per ottenere un effetto più strutturato e meno scenografico, ma altrettanto sofisticato.

Il design della collana è pensato per essere unisex, rendendola adatta sia a uomini che a donne. La versatilità di questo accessorio lo rende ideale per diversi stili:

1. Look minimalista: se abbinata a un outfit sobrio e monocromatico, la collana diventa il punto focale del look, aggiungendo un tocco di personalità senza risultare eccessiva.
2. Stile boho-chic: la lunghezza e l'imponenza del ciondolo si sposano perfettamente con tessuti morbidi, abiti lunghi e capi etnici, creando un'armonia con lo stile bohémien.
3. Indossata sopra una camicia o un dolcevita, la collana conferisce un'aria contemporanea.
4. Look streetwear o urban: abbinata a t-shirt oversize e giacche in pelle, diventa un elemento dello stile metropolitano.

Nonostante il peso significativo del pendente, il design della collana è studiato per garantire un buon livello di comfort. La distribuzione equilibrata del peso lungo la catena riduce la sensazione di affaticamento, mentre i materiali utilizzati per la catena e la chiusura assicurano una vestibilità comoda per parecchie ore.

La lunghezza della catena consigliata per una collana con pendente oversize dipende dallo stile desiderato e dalla corporatura di chi la indossa. La lunghezza sarà di 50 cm con un allungamento di 5 cm e verrà messa a disposizione un ulteriore allungamento di 15 cm che è possibile aggiungere all'allungamento già esistenti grazie a un moschettone di cui è dotato per arrivare ad avere una lunghezza complessiva di 70 cm totali

Regolabile (50-70 cm):

A 50-60 cm, il ciondolo si avvicina alla base del collo, creando un effetto più strutturato e discreto. A 70 cm o più, il pendente cade più in basso, enfatizzando la verticalità e slanciando la figura.

Media (45-50 cm, per un look più vicino al collo):

Se si desidera un effetto meno vistoso, si può optare per una lunghezza media, che avvicina il ciondolo alla clavicola o leggermente più in basso. Questo è ideale per un look più bilanciato, soprattutto se il ciondolo è abbastanza pesante.



MILESTONE E LOGO

DESCRIZIONE	1° ANNO	2° ANNO	3° ANNO
CANALI DI VENDITA	Nel primo anno, il canale di vendita principale sarà un sito web ufficiale con piattaforma e-commerce mobile-friendly. Verranno utilizzati eventi e fiere di settore per promuovere il prodotto, con collaborazioni con gioiellerie, boutique di design e negozi di elettronica. Saranno inoltre creati spazi esperienziali e corner dedicati nei punti vendita selezionati.	Nel secondo anno, l'azienda estenderà i canali di vendita a piattaforme come Amazon, eBay e Zalando. Continuerà la partecipazione a eventi e collaborazioni strategiche con boutique di design e negozi di elettronica. Sarà inoltre prevista un'espansione nei mercati esteri con traduzioni multilingua.	Nel terzo anno, si manterranno tutti i canali di vendita precedenti, con un'ulteriore penetrazione nei mercati internazionali. La presenza online sarà rafforzata e verranno ampliate le collaborazioni con partner strategici locali nei nuovi paesi.
STRATEGIA DI PREZZO	Dal punto di vista della strategia di prezzo, il dispositivo sarà lanciato con un prezzo compreso tra 149€ e 199€. Saranno previsti pacchetti speciali, sconti durante eventi, campagne di crowdfunding e programmi di referral, oltre a offerte esclusive per i primi acquirenti.	A livello di strategia di prezzo, il posizionamento diventerà premium, con un prezzo compreso tra 199€ e 249€, giustificato dalle nuove funzionalità e dal miglioramento tecnologico. Sarà introdotto un abbonamento premium per l'app mobile.	Il posizionamento rimarrà premium, con particolare focus sull'abbonamento premium. Saranno lanciate offerte speciali e tariffe agevolate per clienti fedeli, oltre a sconti per accessori e versioni aggiornate del dispositivo.
APPLICAZIONE MOBILE	L'applicazione mobile verrà rilasciata in versione gratuita con funzionalità di base, come sincronizzazione con il dispositivo, suggerimenti per la qualità dell'aria e notifiche push. Verrà data particolare attenzione alla raccolta di feedback per sviluppare funzionalità avanzate.	L'app mobile vedrà il lancio della versione premium, disponibile a 4,99€/mese o 49€/anno, con analisi avanzate, notifiche contestualizzate e report aggregati per le autorità locali. I nuovi acquirenti del dispositivo avranno accesso gratuito per tre mesi.	L'app mobile vedrà un'ulteriore espansione delle funzionalità premium e sarà integrata con Apple Health, Google Fit e Samsung Health. Saranno inoltre offerti contenuti esclusivi come webinar, guide dettagliate e accesso a risorse riservate agli abbonati premium.
SERVIZI B2B	Per il segmento B2B, il dispositivo sarà offerto a prezzo agevolato per aziende pilota, con particolare focus su uffici, coworking e spazi condivisi. Verranno forniti report personalizzati per ottimizzare la qualità dell'aria nei luoghi di lavoro.	Per il segmento B2B, sarà creata una piattaforma web dedicata alle aziende per monitorare in tempo reale la qualità dell'aria. Saranno avviate collaborazioni con grandi catene, scuole e biblioteche per aumentare la visibilità del dispositivo.	Nel settore B2B, saranno avviate collaborazioni con ospedali, scuole e uffici governativi per progetti di monitoraggio della qualità dell'aria. Verranno siglati accordi con enti pubblici per migliorare le politiche ambientali e urbane tramite l'uso del dispositivo.
CROWDFUNDING	Il lancio iniziale sarà supportato da una campagna di crowdfunding su Kickstarter, con contenuti accattivanti, storytelling e offerte esclusive per i sostenitori, inclusi confezioni speciali e versioni personalizzate.	La strategia di crowdfunding proseguirà, con l'obiettivo di supportare il lancio delle nuove versioni aggiornate. Verranno introdotte nuove ricompense per i sostenitori, come accesso esclusivo a funzionalità premium dell'app.	Il crowdfunding sarà utilizzato per testare il mercato su nuove linee di prodotti e accessori innovativi, con edizioni speciali e bundle intercambiabili.
NUOVE FUNZIONALITA' DEL DISPOSITIVO	A livello di funzionalità, il primo anno sarà dedicato allo sviluppo delle caratteristiche di base del dispositivo per garantire una perfetta integrazione con l'app mobile. Saranno raccolti feedback per implementare aggiornamenti mirati.	Dal punto di vista delle funzionalità del dispositivo, saranno implementate notifiche proattive basate su parametri ambientali, la personalizzazione delle notifiche tramite l'app e l'integrazione con sistemi domotici come Google Home e Alexa. Inoltre, ci sarà una collaborazione con brand di design per la creazione di versioni stilistiche diverse.	Dal punto di vista delle funzionalità del dispositivo, sarà introdotto un sistema di monitoraggio avanzato dei parametri ambientali, tra cui umidità, temperatura, particolato fine, CO2, VOC e allergeni. Inoltre, sarà integrato con dispositivi indossabili per correlare i dati ambientali con la salute dell'utente.
ESPANSIONE DEI SERVIZI B2B	Per quanto riguarda l'espansione nel mercato B2B, verranno create case study con aziende pilota per dimostrare il valore del dispositivo nel migliorare la qualità dell'aria e la produttività dei dipendenti.	L'espansione del servizio B2B raggiungerà aziende medio-grandi, con collaborazioni con catene di elettronica e introduzione nei settori pubblici come scuole e biblioteche.	L'espansione B2B continuerà con collaborazioni con ospedali e scuole per monitorare la qualità dell'aria, utilizzando dati aggregati per supportare enti di ricerca e istituzioni governative su progetti ambientali.
NUOVI CANALI DI VENDITA E DISTRIBUZIONE	Infine, saranno avviate collaborazioni con negozi di nicchia e punti vendita locali per costruire una rete distributiva iniziale e testare la risposta del mercato.	Sarà inoltre ampliata la presenza del prodotto su piattaforme di e-commerce e nei mercati internazionali, con collaborazioni con grandi catene e traduzioni multilingua.	Infine, verrà promossa la partecipazione a bandi europei per progetti ambientali e sarà avviata un'ulteriore espansione internazionale con penetrazione in almeno tre nuovi mercati tramite partnership locali.

MILESTONE DI PROGETTO

Budget Massimo: 300.000 €

Premessa: Il progetto parte da una posizione vantaggiosa grazie allo sviluppo interno di un prototipo funzionante. Le mie competenze tecniche nel design, unite alla collaborazione con i professionisti di Brosway per le componenti ingegneristiche e informatiche, hanno consentito una significativa riduzione dei costi di progettazione. L'obiettivo principale di questa fase è ottimizzare il prototipo per una produzione industriale efficiente.

OTTIMIZZAZIONE DEL PROTOTIPO (1-2 mesi)

Verifica tecnica e ottimizzazione per la produzione di massa: analisi del design, test di affidabilità, revisione dei componenti. Costo: 10.000 €

Ingegnierizzazione per la scalabilità: adattare il design per una produzione industriale ottimizzata (semplificazione dei processi produttivi, scelta di materiali e componenti standardizzati). Costo: 15.000 €

Certificazioni e normative: ottenere le certificazioni necessarie (CE, RoHS) e garantire la conformità alle normative di sicurezza e qualità (preparazione della documentazione, test di conformità, dialogo con gli enti certificatori). Costo: 10.000 €

Test di laboratorio e ottimizzazioni finali: garantire l'affidabilità e la durabilità del prodotto ossia test specifici (stress test, durata della batteria, resistenza dei materiali).. Costo: 10.000 €

Totale Revisione Tecnica: 45.000 €

SVILUPPO DELL'APP (3-6 mesi)

Progettazione UI/UX: creare un'interfaccia utente intuitiva (analisi degli utenti target, wireframing, sviluppo di mockup grafici..). Costo: 20.000 €

Sviluppo Front-end e Back-end: realizzare il codice dell'app, garantendo stabilità e performance (sviluppo di funzionalità chiave, integrazione con il database e le API del dispositivo...). Costo: 80.000 €

Integrazione Hardware-App: assicurare una comunicazione stabile tra l'app e il dispositivo (sviluppo del firmware, test di connessione, ottimizzazione del flusso dati..). Costo: 30.000 €

Conformità GDPR e gestione dei dati: proteggere i dati degli utenti e rispettare le normative sulla privacy (implementazione delle misure di sicurezza, redazione della documentazione legale..). Costo: 20.000 €

Test funzionali e di usabilità: verificare che l'app sia stabile, intuitiva e priva di bug.. Costo: 15.000 €

Beta testing con utenti reali: raccogliere feedback preziosi per migliorare l'app prima del lancio ufficiale.. Costo: 10.000 €

Pubblicazione e marketing iniziale: assicurare una buona visibilità dell'app sugli store digitali e avviare campagne pubblicitarie mirate.. Costo: 10.000 €

Totale Sviluppo App: 185.000 € PRODUZIONE E LANCIO (7-12 mesi)

Componentistica elettronica:

Costo per unità: 40 € (sensori, microprocessore, motore vibratore, LED, batteria, PCB)

Scocca esterna: 20 € (titanio con cristalli cubic zirconia)

Costo totale per unità: 60 €

Imballo:

Costo per unità: 5 €

Costo totale: 5.000 € (per 1.000 unità)

Campagne social, influencer e PR: aumentare la visibilità del prodotto e stimolare le vendite. Costo: 5.000 €

Logistica e marketing: gestire la distribuzione e ottimizzare le attività promozionali. Costo: 10.000 €

Totale Produzione e Lancio: 20.000 € + Costo produzione unità

ANALISI DEI COSTI E DEFINIZIONE DEL PREZZO DI VENDITA

Costo totale del progetto:

Revisione Tecnica: 45.000 €

Sviluppo dell'App: 185.000 €

Produzione e Lancio: 20.000 € + (60 € x 1.000 unità) = 80.000 €

Totale Complessivo: 310.000 €

CALCOLO DEL PREZZO DI VENDITA

Costo per unità: 60 € (produzione) + 5 € (imballaggio) = 65 €

Costi indiretti per unità (marketing, logistica, distribuzione): 20 €

Costo complessivo per unità: 85 €

Prezzo di vendita suggerito: 150 €

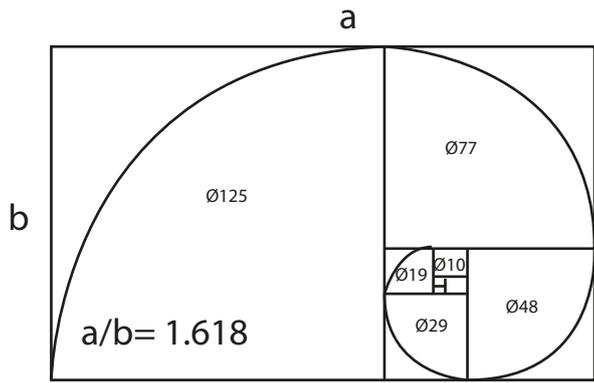
Margine lordo per unità: 150 € - 85 € = 65 €

Obiettivo di Ricavo netto: 50.000 € (considerando la spesa iniziale di 300.000 €)

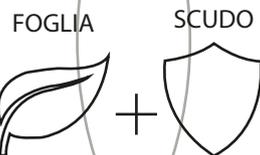
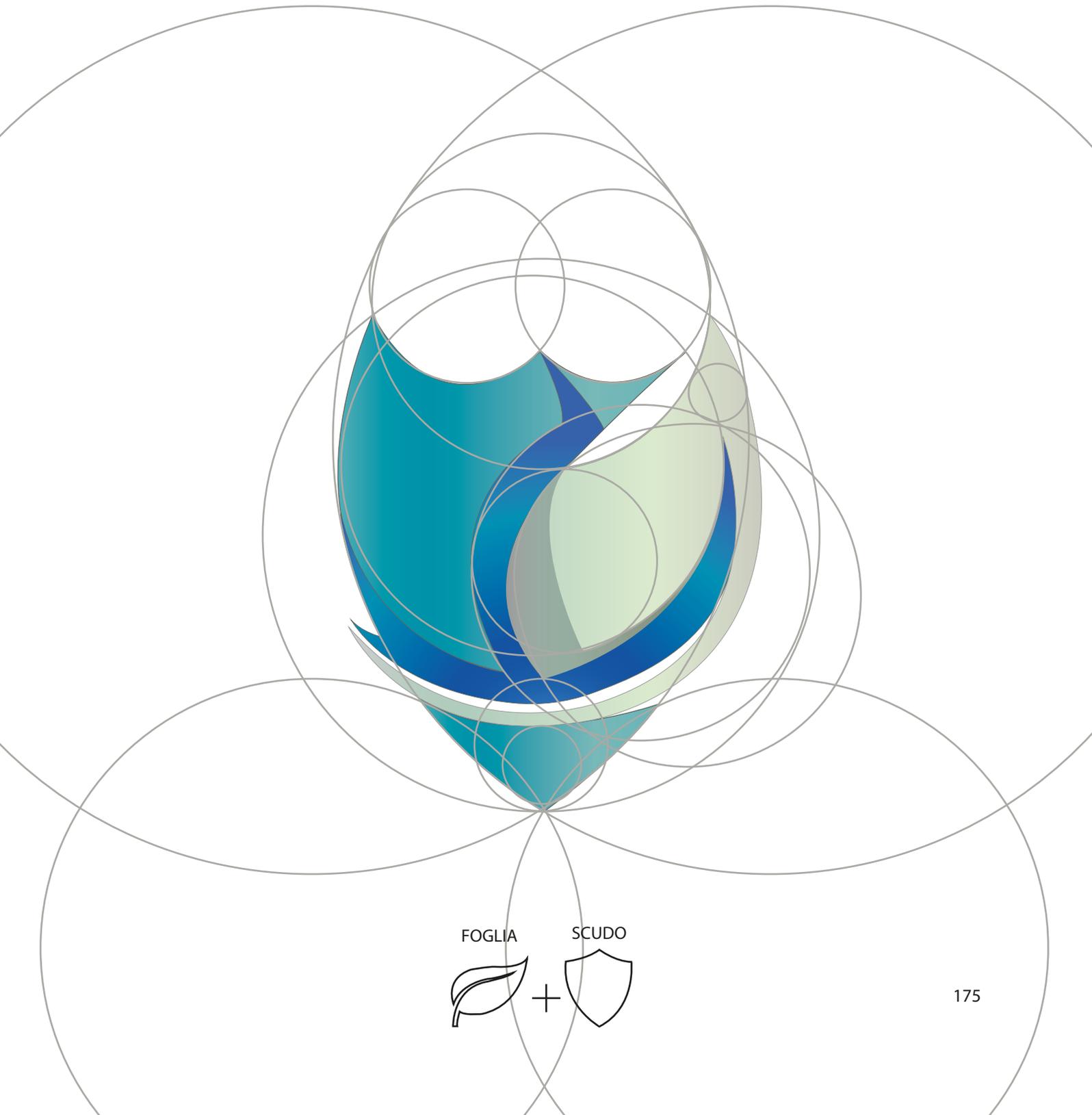
Ricavo netto per unità: 50 €

Unità necessarie per il pareggio: 6.200 unità

LOGO



-  COLORE 1
-  COLORE 2
-  COLORE 3



FOTOINSERIMENTI







CONCLUSIONI

Lo sviluppo del gioiello tech per il monitoraggio della qualità dell'aria ha messo in evidenza il ruolo crescente dei dispositivi indossabili nell'integrazione tra tecnologia e benessere personale, offrendo nuove opportunità per la consapevolezza ambientale. Questo progetto ha dimostrato che la combinazione tra sensori avanzati, connettività digitale e un design studiato non solo per l'estetica ma anche per la funzionalità può dar vita a soluzioni innovative, accessibili e di grande impatto sociale.

In fase progettuale, il comportamento atteso dei sensori – secondo quanto riportato nei datasheet – prevedeva una misurazione quantitativa in ppm (parti per milione), permettendo di applicare soglie di riferimento precise per ciascun inquinante.

L'attivazione dei feedback sul wearable avrebbe dovuto seguire una logica chiara:

Nessun feedback se i valori sono sotto la soglia moderata.

Accensione di LED (feedback visivo) se i valori superano la soglia moderata.

Attivazione combinata di LED e vibrazione se i valori superano la soglia critica.

Tuttavia, durante i test reali, si è riscontrato che i sensori non restituivano valori in ppm affidabili, rendendo impraticabile l'uso diretto delle soglie quantitative. Il sistema è stato quindi riconfigurato per operare con una logica qualitativa supportata da Machine Learning. L'algoritmo, addestrato con almeno 10 test per inquinante in ambienti controllati, analizza i segnali elettrici dei sensori e li confronta con pattern noti per classificare il livello di inquinamento in tre categorie: basso, moderato, critico.

A ogni classificazione è associata una percentuale di confidenza, ovvero una stima della probabilità che l'ambiente sia effettivamente pericoloso. Questa soluzione ha permesso di superare alcune delle criticità dei sensori: scarsa selettività (cross-reattività), necessità di calibrazione e riscaldamento, e il limite fisico della saturazione a 3.3V.

I test effettuati hanno confermato la sensibilità dei sensori, ma anche sollevato interrogativi sull'affidabilità a lungo termine e sulla necessità di calibrazioni periodiche. Il contesto ambientale, le condizioni atmosferiche e l'esposizione a fonti interferenti possono alterare le prestazioni, richiedendo strategie di ottimizzazione continua.

Un aspetto chiave emerso riguarda l'impatto del dispositivo sulle abitudini degli utenti. La ricezione di notifiche in tempo reale si è rivelata uno strumento efficace per incentivare comportamenti più consapevoli, portando a modifiche nelle routine quotidiane per ridurre l'esposizione a inquinanti. Tuttavia, l'efficacia a lungo termine di tale approccio resta un punto di discussione: è possibile che l'effetto motivazionale si riduca nel tempo, rendendo necessarie ulteriori strategie di coinvolgimento, come la gamification o l'integrazione con altri dispositivi per la salute personale.

Dal punto di vista dell'usabilità, il dispositivo ha mostrato caratteristiche ergonomiche vantaggiose, come leggerezza, resistenza agli agenti esterni e una durata della batteria ottimizzata. Tuttavia, in un mercato sempre più competitivo, la sola funzionalità non basta: per garantire un'adozione su larga scala sarà essenziale un'interfaccia utente sempre più intuitiva e personalizzabile, in grado di adattarsi alle esigenze specifiche di diverse fasce di utenza, comprese quelle con difficoltà di accesso alle tecnologie digitali.

Sul fronte della sostenibilità e dell'impatto sociale, il dispositivo apre interessanti scenari di sviluppo. Non solo può rappresentare uno strumento individuale per la tutela della salute, ma potrebbe diventare parte integrante di un ecosistema più ampio di raccolta e condivisione di dati ambientali. La creazione di una rete di utenti connessi potrebbe favorire lo sviluppo di una mappa interattiva della qualità dell'aria in tempo reale, contribuendo alla costruzione di database condivisi utili per la ricerca scientifica e per l'elaborazione di politiche ambientali più efficaci. Tuttavia, la gestione di questi dati pone interrogativi rilevanti in termini di privacy, sicurezza e utilizzo etico delle informazioni raccolte.

L'integrazione del gioiello tech con piattaforme di smart city e sistemi di monitoraggio urbano potrebbe amplificare la sua utilità, contribuendo alla creazione di strategie di intervento più mirate per la gestione della qualità dell'aria nelle città. Inoltre, lo sviluppo di algoritmi basati su intelligenza artificiale potrebbe permettere un'analisi predittiva più sofisticata, capace di fornire raccomandazioni personalizzate agli utenti in base ai trend ambientali e ai loro comportamenti specifici.

Dal punto di vista del mercato, la riduzione dei costi di produzione e il miglioramento della tecnologia dei sensori saranno determinanti per rendere il dispositivo accessibile su scala globale. L'espansione verso un pubblico più ampio richiederà non solo ottimizzazioni tecniche, ma anche strategie di marketing efficaci e collaborazioni con istituzioni pubbliche, aziende e organizzazioni ambientali per incentivare la diffusione del prodotto e il suo inserimento in strategie globali di tutela della salute e dell'ambiente.

In conclusione, il gioiello tech rappresenta un passo significativo nel settore dei wearable, unendo tecnologia, design e sostenibilità in un'unica soluzione. Le prospettive future sono molteplici e suggeriscono che, con il progresso tecnologico e una maggiore sinergia tra ricerca, industria e istituzioni, questo dispositivo possa diventare un elemento chiave per la salute pubblica e la sostenibilità ambientale. La sua evoluzione potrebbe non solo migliorare la qualità della vita degli individui, ma anche favorire un approccio più consapevole e proattivo alla gestione delle sfide ambientali del futuro.

RINGRAZIAMENTI

Giunta al termine di questo intenso percorso di studi, sento il forte desiderio di esprimere la mia più sincera e profonda gratitudine a tutte le persone che, in modi diversi, hanno contribuito alla mia crescita accademica, personale e professionale. Ogni esperienza vissuta, ogni ostacolo superato e ogni traguardo raggiunto sono il risultato non solo dell'impegno e della determinazione personale, ma anche del sostegno, della guida e della fiducia ricevuti lungo il cammino. Questo percorso è stato costellato di sfide che mi hanno messo alla prova, ma anche di momenti di soddisfazione e di crescita che non avrei potuto vivere senza il supporto di chi ha creduto in me. È per questo che desidero dedicare un pensiero speciale a tutte le persone che hanno lasciato un segno in questo viaggio, accompagnandomi con affetto, competenza e amicizia.

Un ringraziamento particolare va al mio relatore, il Professor Luca Bradini, per la sua disponibilità, il prezioso supporto che mi ha offerto durante la stesura di questa tesi. Grazie alla sua competenza e ai suoi consigli, ho potuto affrontare questo lavoro con maggiore consapevolezza metodologica e rigore scientifico.

Desidero esprimere la mia profonda riconoscenza all'azienda Brosway, che mi ha offerto l'opportunità di applicare concretamente le conoscenze acquisite durante gli anni di studio. Lavorare in un contesto dinamico e stimolante mentre proseguivo il mio percorso accademico è stata una sfida complessa, ma straordinariamente formativa. Ogni progetto seguito, ogni attività svolta e ogni confronto con i colleghi hanno rappresentato un tassello prezioso della mia crescita professionale. Ringrazio di cuore tutto il team per la fiducia, il supporto e la collaborazione che hanno reso questa esperienza ancora più significativa, permettendomi di contribuire attivamente alla prototipazione e alla realizzazione di un gioiello.

Un pensiero speciale va ai miei amici universitari, compagni di viaggio in questo percorso tanto impegnativo quanto entusiasmante. Abbiamo condiviso ore di studio, momenti di tensione prima degli esami, ma anche gioie, soddisfazioni e quella complicità che solo chi ha vissuto insieme lo stesso cammino può comprendere. Il confronto con voi è stato una fonte continua di arricchimento e di stimolo, e il vostro supporto nei momenti più difficili ha reso questa esperienza ancora più preziosa.

Un sentito ringraziamento va anche alle mie colleghe e amiche di lavoro, che hanno reso le lunghe giornate lavorative più leggere e stimolanti. La vostra presenza è stata un punto di riferimento costante, trasformando ogni sfida in un'opportunità di crescita. Grazie per il vostro supporto, la vostra comprensione e la capacità di creare un ambiente positivo e motivante, in cui ho potuto esprimermi al meglio conciliando studio e lavoro con maggiore serenità.

Ai miei amici di sempre, coloro che mi accompagnano da anni, dedico un ringraziamento speciale. Siete stati testimoni delle mie ambizioni, dei miei sogni e dei miei momenti di incertezza. Grazie per avermi spronata quando vacillavo, per aver condiviso con me successi e sconfitte e per essere stati una costante fonte di affetto e sostegno.

Un riconoscimento profondo e commosso va alla mia famiglia, il mio pilastro più saldo e il mio punto di riferimento più autentico. Senza il vostro sostegno incondizionato, il vostro amore e la vostra pazienza, tutto questo sarebbe stato immensamente più difficile. Grazie per aver creduto in me, per avermi accompagnata con discrezione ma con costante presenza in ogni momento di questa esperienza. I vostri sacrifici, la vostra comprensione e la vostra forza sono stati il motore che mi ha spinto a dare sempre il massimo. Ogni parola di conforto nei momenti di difficoltà e ogni sorriso di orgoglio nei momenti di successo hanno rappresentato per me la più grande ricompensa.

Un ringraziamento dal profondo del cuore va al mio ragazzo, Riccardo, che con la sua dolcezza, il suo supporto e la sua costante presenza ha reso questo percorso più sereno e gratificante. Grazie per avermi incoraggiata nei momenti di incertezza, per aver condiviso con me le gioie e le fatiche di questo viaggio e per aver sempre trovato il modo di farmi sentire capita e sostenuta. Il tuo affetto è stato un rifugio sicuro e una spinta continua a credere nelle mie capacità, e per questo ti sarò sempre grata.

Infine, voglio dedicare un pensiero di riconoscenza a tutte le persone che, in un modo o nell'altro, hanno lasciato un'impronta nella mia formazione e nella mia crescita. Ogni docente che mi ha trasmesso conoscenza e passione, ogni collega che ha condiviso con me un tratto di strada, ogni persona che mi ha incoraggiato nei momenti di difficoltà ha contribuito a rendermi la persona che sono oggi. Chiudo questo capitolo della mia vita con il cuore colmo di gratitudine, consapevole che ogni traguardo non è un punto d'arrivo, ma una solida base su cui costruire il futuro. Con la speranza di poter, un giorno, restituire almeno una parte di ciò che ho ricevuto, rivolgo a tutti voi il mio più sincero e profondo GRAZIE.

SITOGRAFIA

<https://www.infodata.ilsole24ore.com/2024/02/21/dieci-cose-da-sapere-sullinquinamento-dellaria-in-italia-e-in-europa-e-quattro-grafici/>
<https://www.infodata.ilsole24ore.com/2018/12/21/la-mappa-delle-citta-piu-inquinata-ditalia-casi-torino-frosinone/>
<https://www.infodata.ilsole24ore.com/2021/10/03/polveri-sottili-inquinamento-perche-loms-inasprito-le-linee-guide-sulla-qualita-dellaria/>
<https://www.infodata.ilsole24ore.com/2021/08/03/popolazione-inquinamento-polveri-sottili-un-cartogramma-sulla-qualita-dellaria/>
<https://www.consulcesi.it/legal/ambiente/blog/inquinamento-atmosferico-dati-impatto-sulla-salute-italia>
<https://www.legambiente.it/comunicati-stampa/i-dati-di-malaria-di-citta-2024/>
<https://asvis.it/notizie/2-20715/rapporto-mobilitaria-2024-linquinamento-nelle-citta-italiane-rimane-stabile>
<https://www.epicentro.iss.it/ambiente/direttiva-ue-qualita-aria-2024>
<https://www.consilium.europa.eu/it/press/press-releases/2024/02/20/air-quality-council-and-parliament-strike-deal-to-strengthen-standards-in-the-eu/>
<https://www.consilium.europa.eu/it/policies/air-quality/>
<https://data.consilium.europa.eu/doc/document/PE-88-2024-REV-1/it/pdf>
<https://www.reteambiente.it/news/54310/emissioni-in-atmosfera-report-ispra-2024-inquinanti-in-costa/>
<https://www.consilium.europa.eu/it/policies/green-deal/>
<https://www.infodata.ilsole24ore.com/2024/08/04/le-stime-sullimpatto-sanitario-ed-economico-dellinquinamento-dellaria-nelle-citta-italiane/>
<https://www.eea.europa.eu/it/help/domande-frequenti/dove-possa-accedere-ai-dati>
<https://www.infodata.ilsole24ore.com/2024/06/02/ecco-come-funziona-lalgoritmo-orsa-dellenea-per-tracciare-linquinamento-dellaria/>
<https://www.infodata.ilsole24ore.com/2022/09/12/settore-per-settore-come-sono-cambiate-le-emissioni-di-gas-serra-in-trentanni/>
<https://www.infodata.ilsole24ore.com/2022/01/16/co2-cosa-accaduto-negli-ultimi-dodici-anni/>
<https://www.consulcesi.it/legal/ambiente/blog/mal-aria-2024-citta-piu-inquinata-italia>
<https://www.heltyair.com/approfondimenti/inquinamento-indoor-qualita-aria-in-casa-salute-e-remedi/>
<https://www.consilium.europa.eu/it/policies/air-quality/>
<https://www.ariasicura.it/normativa-indoor-air-quality-panoramica-e-obblighi/>
<https://www.insic.it/tutela-ambientale/inquinamento/in-gazzetta-la-nuova-direttiva-sulla-qualita-dellaria-ambiente-dir-2024-2881-cosa-prevede-e-tutte-le-novita/>
<https://www.wired.it/gallery/migliori-misuratori-qualita-aria/>
https://www.isprambiente.gov.it/public_files/ATLANTE_DATI_AMBIENTALI_2024_rev2_ottobre.pdf
https://www.isprambiente.gov.it/files2024/pubblicazioni/quaderni/qualita_aria_indoor_quad_as_32_24_corretto-1.pdf
<https://aria.arpa.marche.it/>
<https://www.arpa.marche.it/temi-ambientali/aria>
<https://www.eea.europa.eu/publications/europes-air-quality-status-2024>
<https://www.eea.europa.eu/it/highlights/la-qualita-dell-aria-in>
<https://ambienbonsolo.com/secondo-il-wmo-sensori-a-basso-costo-possano-migliorare-il-monitoraggio-della-qualita-dellaria-e-la-salute-delle-persone/>
<https://www.heltyair.com/approfondimenti/iaq-indoor-air-quality-e-rischi-connessi-alla-vita-in-ufficio/>
<https://www.eea.europa.eu/en/analysis/maps-and-charts/contribution-to-eu-27-emissions?activeTab=570bee2d-1316-48cf-adde-4b640f92119b>
<https://www.visualcapitalist.com/ranked-the-countries-with-the-most-air-pollution-in-2023/>
<https://bmjmedicine.bmj.com/content/3/1/e000627>
<https://www.eea.europa.eu/themes/air/country-fact-sheets/2023-country-fact-sheets/italy-air-pollution-country>
<https://epha.org/wp-content/uploads/2020/10/final-health-costs-of-air-pollution-in-european-cities-and-the-linkage-with-transport.pdf>
<https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/guide-air-cleaners-home>
<https://www.ashrae.org/resources-publications/bookstore/indoor-air-quality-guide>
<https://www.ashrae.org/resources-publications/bookstore/standards-62-1--62-2>
http://www.salute.gov.it/portale/temi/p2_4.jsp?lingua=italiano&area=indoor
<http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>
<https://www.cdc.gov/niosh/docs/2013-102/pdfs/2013-102.pdf>
<http://www.cdc.gov/niosh/docs/2005-149/pdfs/2005-149.pdf>
<https://www.nist.gov/services-resources/software/contam>
<https://www.airnow.gov/publications/air-quality-index/technical-assistancedocument-for-reporting-the-daily-aqi/>
<https://www.epicentro.iss.it/ambiente/qualita-aria-linee-guida-oms-2021>
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/env_air_emis__custom_8249852/default/table?lang=en
https://environment.ec.europa.eu/topics/air/air-quality/eu-air-quality-standards_en
<https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/air-pollution>
<https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/harm-to-human-health-from-air-pollution-2024>
<https://www.mouser.it/ProductDetail/Sensirion/SGP30-2.5k?qs=HXFqYaX1Q2xVSIHQfO6Ujg%3D%3D>
<https://www.mouser.it/ProductDetail/Mikroe/MIKROE-2953?qs=fAHHVMwC%252Bbjts1caQl62cw%3D%3D>
<https://www.mouser.it/ProductDetail/Amphenol-SGX-Sensortech/MICS-5524?qs=YCa%2FAAYMW02rEus%252BzEj9A%3D%3D>
<https://docs.rs-online.com/8752/0900766b815a66c7.pdf>
<https://www.tme.eu/Document/aaece63407a6bc17357ef3889d3ceecf/ZE08-CH2O.pdf>
<https://www.verical.com/datasheet/honeywell-air-quality-sensor-hpma115s0-xxx-4376442.pdf>
<https://www.homotix.it/vendita/sensori-polveri-sottili/sensore-polveri-sottili-pms5003>
https://www.mouser.it/datasheet/2/18/1/Amphenol_AAS_920_685G_Telaire_T6793_Series_021121_-3006860.pdf
<https://www.mouser.it/new/amphenol/amphenol-sgx-inir2-gas-sensors/>
https://www.mouser.it/datasheet/2/698/REN_ZMOD4410_DST_20240313-1999773.pdf
https://www.mouser.it/pdfDocs/REN_RRH62000-Datasheet_DST_20240723.pdf
https://www.sgxsensortech.com/uploads/f_note/DS-0404-SGX-Cl2-50.pdf
https://www.mouser.it/datasheet/2/1081/ENS160_Datasheet-3395902.pdf
https://www.mouser.it/datasheet/2/813/Sensirion_Datasheet_Environmental_Node_SEN5x-3401829.pdf
<https://4donline.ihs.com/images/VipMaster/IC/AMPH/AMPH-S-A0010549483/AMPH-S-A0010612589-1.pdf?hkey=CECEF36DECEDED6468708AAF2E19C0C6>
https://sgxsensortech.com/uploads/f_note/DS-0461-SGX-403-20.pdf
<https://www.mouser.it/new/amphenol/amphenol-sgx-sensortech-sgx-4x-sensors/>

https://ametekcdn.azureedge.net/mediafiles/project/oneweb/oneweb/alphasense/products/datasheets/alphasense_h2-af_datasheet_sept24_en_1.pdf?revision:854ca9b2-ace0-4dab-9a28-123179fac2af
https://ametekcdn.azureedge.net/mediafiles/project/oneweb/oneweb/alphasense/products/datasheets/alphasense_hcl-a1_datasheet_en_1.pdf?revision:8cb045e2-09a6-42e3-a318-478e6d0ebbf1
https://ametekcdn.azureedge.net/mediafiles/project/oneweb/oneweb/alphasense/products/datasheets/alphasense_hcn-a1_datasheet_jun24_en_1.pdf?revision:cf4ab3e5-de55-4a1d-ac84-1623949eb40a
https://ametekcdn.azureedge.net/mediafiles/project/oneweb/oneweb/alphasense/products/datasheets/alphasense_h2o2-a1_datasheet_nov24_en_1.pdf?revision:6c5e5c70-5f8c-4e42-adf8-ae5e3f0b393d
https://ametekcdn.azureedge.net/mediafiles/project/oneweb/oneweb/alphasense/products/datasheets/alphasense_h2s-d4_datasheet_en_1.pdf?revision:623520b5-b276-48fc-a6cc-0e4a10af1e30
https://ametekcdn.azureedge.net/mediafiles/project/oneweb/oneweb/alphasense/products/datasheets/alphasense_h2s-d4_datasheet_en_1.pdf?revision:623520b5-b276-48fc-a6cc-0e4a10af1e30
https://ametekcdn.azureedge.net/mediafiles/project/oneweb/oneweb/alphasense/products/datasheets/alphasense_irm-at_datasheet_en_1.pdf?revision:b96abd74-6611-4cd4-b64b-cef154fade50
https://ametekcdn.azureedge.net/mediafiles/project/oneweb/oneweb/alphasense/products/datasheets/alphasense_no-d4_datasheet_en_1.pdf?revision:402ea28f-5b43-4c13-b47a-a20ba83c0daa
https://ametekcdn.azureedge.net/mediafiles/project/oneweb/oneweb/alphasense/products/datasheets/alphasense_no2-d4_datasheet_en_1.pdf?revision:255de75a-046e-4878-8258-044c33c8a3ab
https://ametekcdn.azureedge.net/mediafiles/project/oneweb/oneweb/alphasense/products/datasheets/alphasense_o2-g2_datasheet_en_1.pdf?revision:73b07e28-db76-4593-ae0-79302a85fe11
https://ametekcdn.azureedge.net/mediafiles/project/oneweb/oneweb/alphasense/products/datasheets/alphasense_ox-a431_datasheet_en_2.pdf?revision:6fdc3d79-4ea3-4347-80f6-0f0cc1bf35cd
https://ametekcdn.azureedge.net/mediafiles/project/oneweb/oneweb/alphasense/products/datasheets/alphasense_ph3-a1_datasheet_jun24_en_1.pdf?revision:6cad528c-71c5-46cf-909c-f539afaf852f
https://ametekcdn.azureedge.net/mediafiles/project/oneweb/oneweb/alphasense/products/datasheets/alphasense_so2-d4_datasheet_en_1.pdf?revision:887b1753-9dc3-4665-bbba-676965592bc0
https://ametekcdn.azureedge.net/mediafiles/project/oneweb/oneweb/alphasense/products/datasheets/alphasense_soh-a2_datasheet_sept24_en_1.pdf?revision:6318b7af-5ae0-4002-91ec-5701872f5282
https://ametekcdn.azureedge.net/mediafiles/project/oneweb/oneweb/alphasense/products/datasheets/alphasense_pidx-a-020_datasheet_en_1.pdf?revision:ee1798fe-a08b-4278-a4da-9adf5df71a3d
<https://www.sciencedirect.com/journal/environment-international/special-issue/10MTC4W8FXJ>, consultato il 17 giugno 2021
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/253237>, consultato il 19 novembre 2020
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/333781>, consultato il 21 giugno 2021
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/107364>, consultato il 25 giugno 2021
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/107335>, consultato il 24 giugno 2021
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/107823>, consultato il 28 giugno 2021
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/260127>, consultato il 24 giugno 2021
<https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/341712/WHO-EURO-2013-4101-43860-61757-eng.pdf?sequence=1>
<https://www.eea.europa.eu/en/datahub/datahubitemview/49930245-dc33-4c47-93b8-9512f0622ebc>
<https://www.eea.europa.eu/highlights/industrial-air-pollution-in-europe>
<https://www.consulcesi.it/legal/ambiente/blog/inquinamento-aria-fonti>
<https://www.epa.gov/benmap>
<https://www.legambiente.it/comunicati-stampa/i-dati-di-malaria-di-citta-2024/>
<https://www.rinnovabili.it/clima-e-ambiente/inquinamento/inquinamento-dellaria-italia-239mila-morti-premature-pm2-5/>
<https://www.wwf.it/pandanews/ambiente/inquinamento/il-99-della-popolazione-mondiale-respira-aria-non-sicura/>
[https://www.rinnovabili.it/clima-e-ambiente/inquinamento/inquinamento-indoor-no2-italia/#:~:text=La%20Redazione%E2%80%A229%20Ottobre%202024%E2%80%A2Tempo%20di%20lettura%3A%20%20minuti&text=E%20pi%C3%B9%20di%201%20morto,di%20azoto\)%20arriva%20a%2012.786.](https://www.rinnovabili.it/clima-e-ambiente/inquinamento/inquinamento-indoor-no2-italia/#:~:text=La%20Redazione%E2%80%A229%20Ottobre%202024%E2%80%A2Tempo%20di%20lettura%3A%20%20minuti&text=E%20pi%C3%B9%20di%201%20morto,di%20azoto)%20arriva%20a%2012.786.)
https://www.ilsole24ore.com/art/monossido-carbonio-19-dicembre-italia-5-morti-e-17-intossicati-AG7g8E3B?refresh_ce=1

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Ivo Allegrini, Giuliano Bertoni, Lucia Paciucci; L'Inquinamento da Composti Organici Volatili (VOC) e Semivolatili (SVOC) negli Ambienti Confinati Non Industriali; Ed. CNR-Istituto sull'Inquinamento Atmosferico; 151 pp., ISBN 978-88-6224-001-7, 2008

Carla Iacobelli, Gabriella Liberati, Antonello Ottaviani, Lucia Paciucci; Fattori di Inquinamento Ambientale - I composti Volatili Organici (VOCs); Consiglio Nazionale delle Ricerche; 628 pp., ISBN 978-88-8080-087-3, 2008

A. De Martino, C. Iacobelli, T. Manna e L. Paciucci; "L'ambiente confinato Rischio chimico fisico e biologico" - Percorsi di Ricerca - Studi di Ambiente. A cura di C. Iacobelli. Università Telematica

Guglielmo Marconi; 112 PP. ISBN 88901076-6-9D, 2005 4. Cavallo, P. Carrer, F. Liotti e G. Muzi: "Qualità dell'aria degli ambienti confinati non industriali: indicazioni per la valutazione del rischio e la sorveglianza sanitaria", 2004

Istituto Superiore di Sanità, a cura del "Gruppo di Studio Nazionale sull'Inquinamento Indoor dell'ISS", Strategie di monitoraggio dei composti organici volatili (COV) in ambiente indoor, 2010

Istituto Superiore di Sanità, Strategie di monitoraggio dei composti organici volatili (COV) in ambiente indoor. Rapporti ISTISAN 13/04, 2013

Boudehane A., Lounas A., Moussaoui Y., Balducci C., Cecinato A., 2016. Levels of organic compounds in interiors (school, home, university and hospital) of Ouargla city, Algeria. Atmospheric Environment 144, 266-273

NIOSH Alert: Preventing Occupational Respiratory Disease from Exposures Caused by Dampness in Office Buildings, Schools, and Other Nonindustrial Buildings

NIOSH, 2007. Department of Health and Human Services - National Institute for Occupational Safety and Health, Niosh pocket guide to chemical hazards

WHO, 2006. Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005, WHO Press, World Health Organization, Geneva

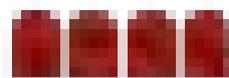
ACGIH, 2003. Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices, TLVs and BEIs. Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 25

Gugliermetti, L.; Astiaso Garcia, D. A cheap and third-age-friendly home device for monitoring indoor air quality. International Journal of Environmental Science and Technology 2018, 15, 185

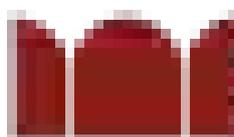
A designer knows he has achieved perfection not when there is nothing left to add, but when
there is nothing left to take away

Un designer sa di aver raggiunto la perfezione non quando non c'è più niente da aggiungere, ma
quando non c'è più niente da togliere

Antoine de Saint-Exupéry



F. A. D. E.
FACOLTÀ DI ARCHITETTURA
E DESIGN



**Architettura e Design
Educazione Virtuale
Università di Camerino**



Scuola di ateneo di Architettura e
Design "Eduardo Vittoria"
Università degli Studi di Camerino

Corso di Laurea magistrale in Design
per l'innovazione digitale LM-12
A.A. 2023-2024

Tesi: AirGuard
Il gioiello smart che ti
aiuta a respirare meglio

Laureanda: Elisa Lupi
Relatore: Luca Bradini

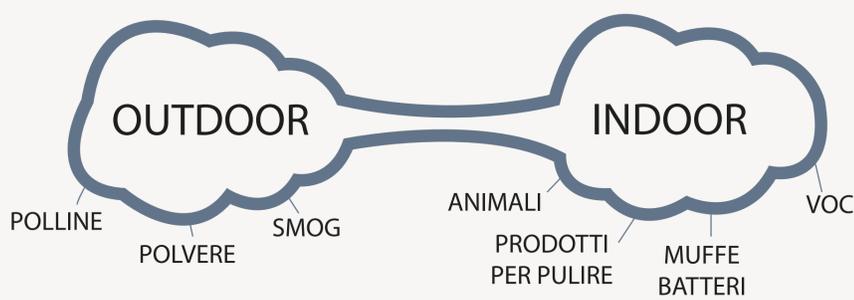
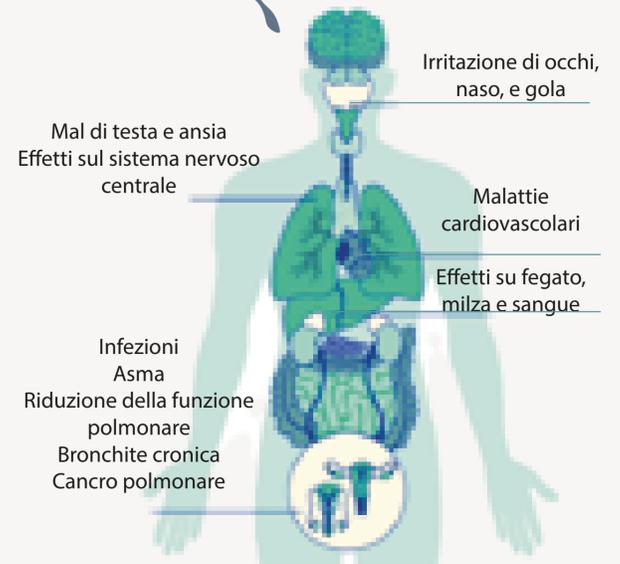
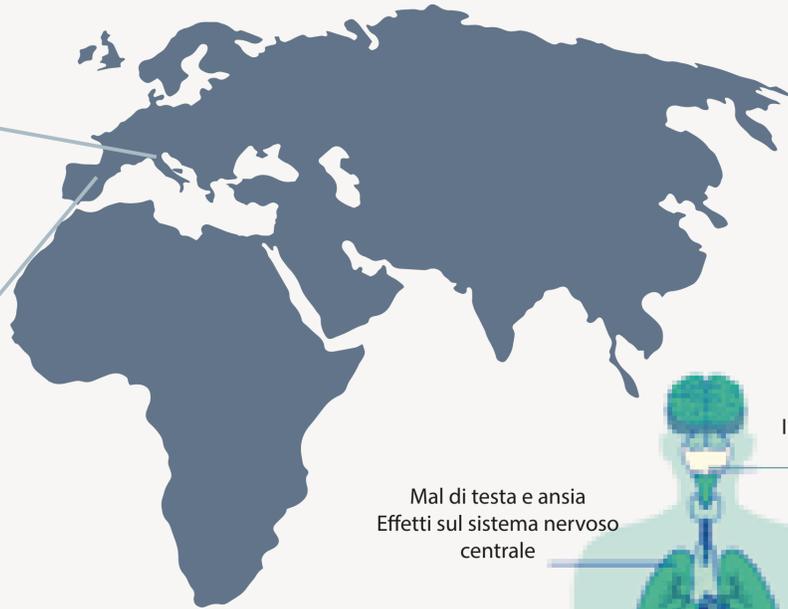


AirGuard
Il gioiello smart che ti
aiuta a respirare meglio



In Italia, l'inquinamento atmosferico comporta un costo annuo superiore a 97 miliardi di euro, tra spese sanitarie, perdita di produttività e impatti economici indiretti
(Fonte: Agenzia Europea dell'Ambiente, rapporto 2020).

Ogni anno, oltre 400.000 morti premature in Europa
(Fonte: Agenzia Europea dell'Ambiente, EEA)



Trascurriamo il 90% del tempo in ambienti confinati

L'aria indoor è 5 volte più inquinata di quella outdoor

L'ARIA È INVISIBILE.
MA I SUOI EFFETTI SONO OVUNQUE.

Ogni persona respira oltre 15.000 litri d'aria al giorno. Ma quanti sanno davvero cosa stanno inspirando?

L'aria indoor contiene più di 900 sostanze chimiche potenzialmente dannose

VOC (COMPOSTI ORGANICI VOLATILI)
Sono nascosti in vernici, spray, profumi e detergenti.

NH₃ AMMONIACA
Invisibile, pungente, pericolosa. L'ammoniaca può essere ovunque: fertilizzanti, pulizie domestiche.

CO MONOSSIDO DI CARBONIO
Non ha odore, non ha colore. Ma può uccidere in silenzio.

H₂S IDROGENO SOLFORATO
Lo riconosci dall'odore di uova marce, spesso lo respiri senza accorgertene.

NO₂ BISSO DI AZOTO
E' ovunque ci sia traffico. E colpisce i più fragili.

STATO DELL'ARTE



PILDEGRO
Sensore CO elettrochimico
Display LCD con allarmi a 3 livelli
Include cordino e retro magnetico

GASDOC DS-399
Rileva: monossido di Carbonio, T° e umidità
Allarmi visivi e sonori personalizzabili



SISCO AIR-DM502
Rileva PM1.0/2.5/10, HCHO, TVOC, AQI, T°, umidità
Display a colori, batteria agli ioni di litio, ricarica USB

ATMOTUBE PRO
Misura PM1/2.5/10, TVOC, T°, umidità
LED colorato per qualità dell'aria
App mobile e autonomia fino a 7 giorni



GZAIR SA103
Rilevatore compatto di CO (0-1000 ppm)
Certificazione IP67 (impermeabile)
Allarmi: sonoro, visivo e vibrazione
Display retroilluminato

AIRBEAM3
Portatile e open-source
Rileva PM1/2.5/10, T°, umidità
Bluetooth, WiFi, 4G, SD, GPS integrato



TAUANITO INAIR
Design "a chicco"
Misura CO₂, COV, PM2.5/10, rumore, T°, umidità
Connessione WiFi, GPS, domotica

FLOW by PLUME LABS
Rileva PM1/2.5/10, NO₂, COV
Connessione via app mobile

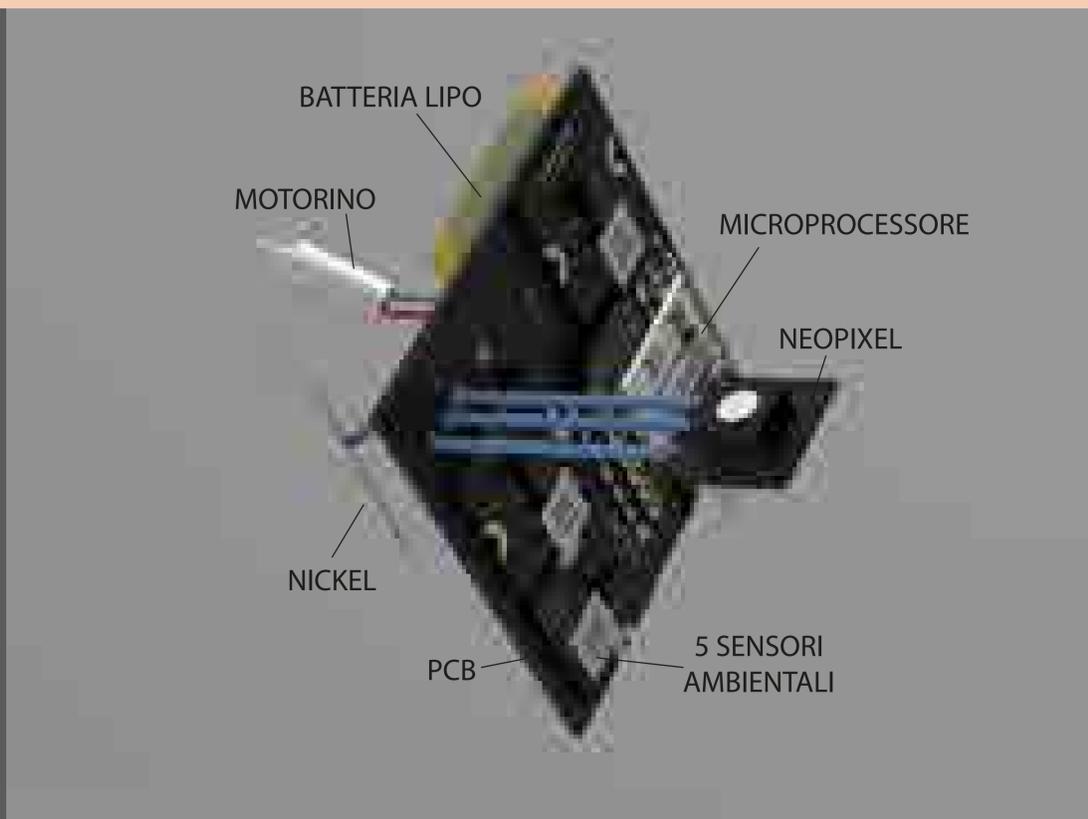


PIANTA SANSEVIERIA

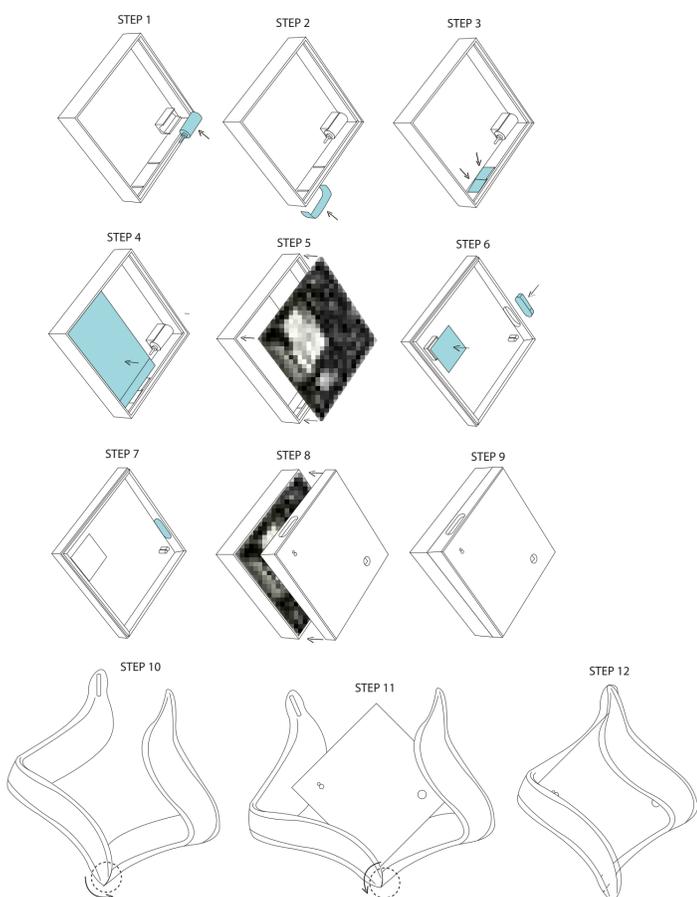


UN GIOIELLO TECNOLOGICO CHE
CONSAPEVOLIZZA L'ARIA CHE
RESPIRI

MONITORA IN TEMPO
REALE 5 INQUINANTI
IN AMBIENTI INTERNI/ ESTERNI
VOC – NH₃ – CO – H₂S – NO₂



FASI ASSEMBLAGGIO DISPOSITIVO



FUNZIONI CHIAVE



Rilevamento di 5 inquinanti:
Biossido di Azoto
Ammoniaca
Composti Organici Volatili
Acido Solfidrico
Monossido di Carbonio



Interfaccia utente
semplice e intuitiva per
analisi storica e
tracciamento dei
pattern di esposizione.



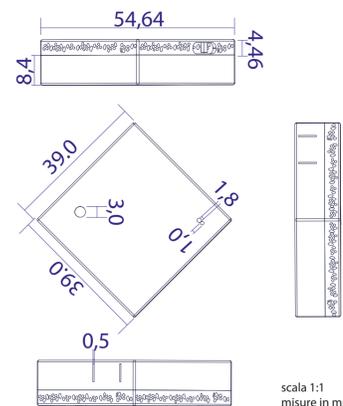
Monitoraggio in
tempo reale della
qualità dell'aria, indoor
e outdoor



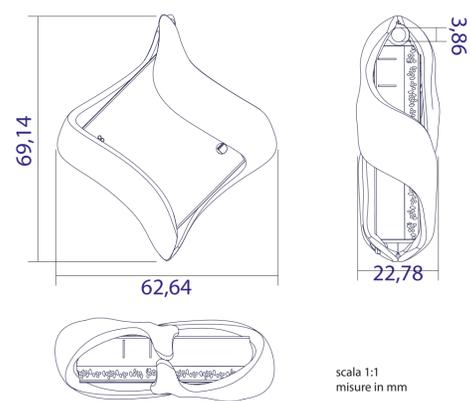
Aumento della
consapevolezza
ambientale
Sistema di avvisi proattivo
(vibrazioni, luci, notifiche).

DIMENSIONI

SCocca INTERNA x ELETTRONICA



SCocca ESTERNA + INTERNA





COMPORTAMENTO DEL DISPOSITIVO

LIVELLO INQUINANTE	LED ACCESO	VIBRAZIONE
Normale (confidenza stimata <60%)	✗ OFF	✗ OFF
Moderato (confidenza stimata tra il 60% e il 80%)	✓ ON	✗ OFF
Critico (confidenza stimata <80%)	✓ ON	✓ ON



Grafici storici dettagliati

Misurazioni codificate a colori

Indice qualità dell'aria

Mappa storiche

