

# Zefiro

## Tecnologia e innovazione per la lotta al Coronavirus

**Proposta di una maschera  
elettroventilata a pressione positiva  
per la protezione degli operatori  
sanitari operanti nei reparti ospedalieri  
che trattano pazienti affetti da  
COVID-19**

### A cura di

Asja Aulizio  
Stella Bellisario  
Eva Vanessa Bruno  
Alessandro Campanella  
Francesca Cappa  
Federico Citarda  
Martina Gargiulo Pozzo  
Davide Mercenati  
Fabiana Rovera

### Supervisione di

**Fabrizio Alessio**  
*Consigliere Fablab Torino*  
*/ covid@fablabtorino.org*

**Fabrizio Valpreda**  
*Professore Associato*  
*Resp. scientifico virtualLAB*  
*Politecnico di Torino*

**Alessandro Dentis**  
*Resp. tecnico virtualLAB*  
*Politecnico di Torino*  
*/ virtualab@polito.it*



# LO SCENARIO

## IL PIANO C

Il particolare momento che sta vivendo il mondo della Sanità Pubblica del nostro Paese ci sottopone a grandi sfide da affrontare e impone di non abbassare la guardia in merito alla tutela e la salvaguardia del benessere e dello stato di salute di ognuno di noi.

La comunità internazionale dei Makers provvede ormai da settimane, e in ogni parte del mondo, alla realizzazione di soluzioni *open source* per l'autoproduzione di **DPI** (Dispositivi di protezione individuale) da condividere e divulgare, per far fronte all'emergenza Covid-19. Le soluzioni ad oggi sviluppate, prototipate e testate hanno fatto fronte allo scenario definibile come Piano B per fronteggiare la mancanza di DPI per pazienti e cittadini esposti quotidianamente esposti al rischio.

A fronte di una reale e critica necessità del personale ospedaliero, il progetto che verrà presentato in questo documento intende rispondere alle necessità di protezione della suddetta utenza a diretto contatto con i reparti di terapia intensiva Covid-19, proponendo un "Piano C" per fronteggiare la scarsità di DPI professionali per personale medico all'interno degli ospedali.

## OBIETTIVI

L'obiettivo cardine della proposta progettuale è quello di sviluppare un DPI **auto-producibile**, nello specifico un dispositivo PAPR, per tutto il personale medico che opera nei reparti di terapia intensiva. L'autoproduzione del sistema prevede l'utilizzo di tecniche di *additive manufacturing* per la prototipazione rapida, associata all'utilizzo di materiali facilmente reperibili sul mercato e utilizzabili, secondo normativa, all'interno delle strutture sanitarie.

**Il progetto si configura altresì come un'importante occasione di scambio multidisciplinare, in particolar modo per quel che concerne l'individuazione e l'appropriata selezione della componentistica esterna, indispensabile per il funzionamento del dispositivo.**

## LINEE GUIDA PROGETTUALI

Prima di procedere con gli sviluppi progettuali relativi al concept appena illustrato, è stata definita una serie di linee guida progettuali, con l'intenzione di far fronte all'attuale insufficienza dei dispositivi in uso, in maniera puntuale, rapida ed efficiente.



**Sanificabile**



**Confortevole**



**Resistente**



**Scalabile**



**Ridotto numero di componenti**

# LO SCENARIO

## DPI E UTENZA DI RIFERIMENTO

I **DPI** (*Dispositivi di protezione individuale*) idonei a prevenire e tutelare l'individuo dal rischio di contagio biologico sono suddivisi nelle seguenti categorie: *protezione del corpo, protezione delle mani, protezione degli occhi, protezione delle vie respiratorie.*

Molti attori sulla scena nazionale e internazionale si sono adoperati a favore dell'Italia per fornire un numero maggiore di DPI sul nostro territorio. Ciò nonostante il rischio più alto è quello che corrono i medici e tutto il personale ospedaliero esposto quotidianamente ai rischi epidemiologici presenti nei reparti Covid-19.

Questi ultimi, infatti, pur necessitando di apparecchiature più sofisticate per restare in corsia in modo continuativo (per 8/10 ore), non dispongono di sufficienti dispositivi, noti come **PAPR** (*Powered air-purifying respirator*), per poter assistere i pazienti in corsia. Per sopperire a tale mancanza, gli operatori sanitari finiscono per utilizzare DPI che non tutelano a pieno la loro salute.



DPI



Personale  
sanitario

### Cosa sono i PAPR?

Un respiratore ad aria purificata (PAPR) è un tipo di dispositivo di protezione individuale utilizzato per proteggere i lavoratori dall'aria contaminata. I PAPR sono costituiti da un respiratore sotto forma di cappuccio o maschera a pieno facciale, che aspira aria ambiente contaminata da uno o più tipi di inquinanti o patogeni, rimuove attivamente tramite filtri una percentuale sufficiente di questi pericoli e quindi eroga l'aria pulita sul viso e/o sulla bocca dell'operatore. I PAPR sono anche chiamati *maschere a pressione positiva, unità soffianti* o semplicemente *soffianti*.



PAPR attualmente  
in uso nei reparti  
ospedalieri



INSUFFICIENTI



PAPR compatibili  
con i DPI per uso  
sanitario



DIFFICILI DA REPERIRE



PAPR adattabili  
ai DPI per uso  
sanitario



DIFFICILI DA ADATTARE

# I MAKERS

## FABLAB TORINO

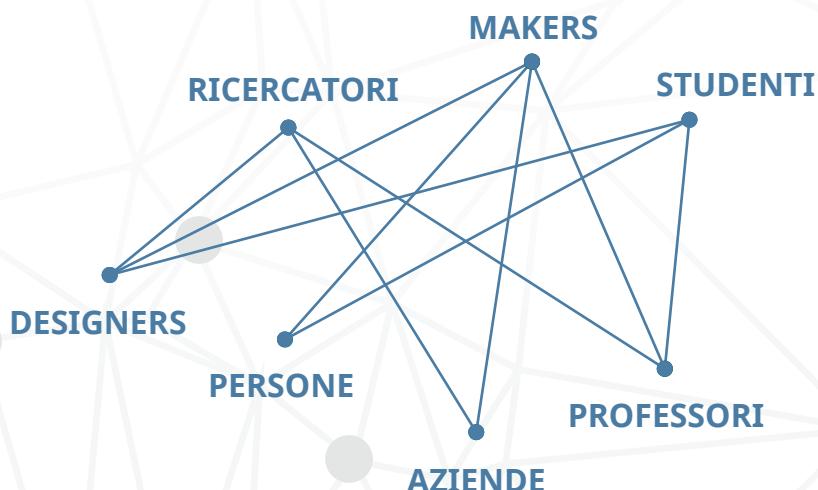
Fablab Torino è un'associazione che si inserisce all'interno della rete globale dei *Fablab*, laboratori locali che stimolano e facilitano lo sviluppo di invenzione e innovazione dando accesso a svariati strumenti di fabbricazione digitale e non (prototipazione rapida, sistemi IoT, ecc).



## VIRTUALAB

Il virtuaLAB è un laboratorio che nasce e si sviluppa all'interno della **Cittadella del Design e della Mobilità**, Politecnico di Torino. È un ponte tra il mondo virtuale e quello reale, è il luogo dove le idee iniziano a prendere forma per essere condivise e prototipate con tecnologie di stampa 3D.

Le parole d'ordine di entrambe le realtà sono: l'utilizzo di un **approccio open source**, lo **sviluppo sostenibile** e la **co-progettazione**.



# IL PROGETTO

## LA MASCHERA ELETTROVENTILATA

La maschera elettroventilata **Zefiro** si compone di una serie di elementi progettati *ad hoc* e di altri componenti di facile reperibilità sul mercato. Nello specifico, i primi costituiscono il **telaio**, elemento strutturale del modello e funzionale al corretto posizionamento della maschera, nonché alla sua stabilità e adattabilità sul capo dell'utente. I secondi, invece, assolvono le funzioni di isolamento e protezione individuale (**tessuto isolante** e **visiera schermante**), oltre che di immissione dell'aria all'interno della maschera (**sistema di filtraggio e ventilazione**).

Di seguito sono illustrati i suddetti componenti, diversificati per principali gruppi funzionali.

## I GRUPPI FUNZIONALI

### SISTEMA DI ISOLAMENTO E PROTEZIONE INDIVIDUALE

La visiera trasparente garantisce allo stesso tempo protezione e visibilità all'operatrice. Il tessuto isolante avvolge il telaio e scherma l'utente da rischi esterni di contagio.

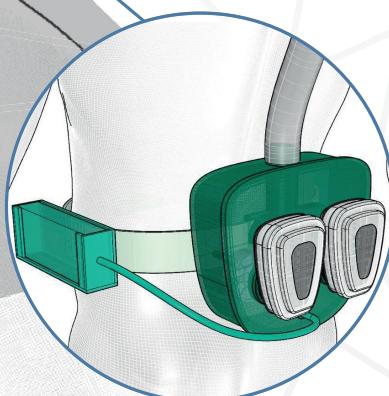
### TELAI

Elemento strutturale della maschera, composto da fascia frontale, placca superiore e *frame* distanziatore per la visiera.



### SISTEMA DI FILTRAGGIO E VENTILAZIONE

Sistema composto da: alloggiamento per filtro, ventola, gruppo di alimentazione, tubo d'immissione dell'aria e diffusore.

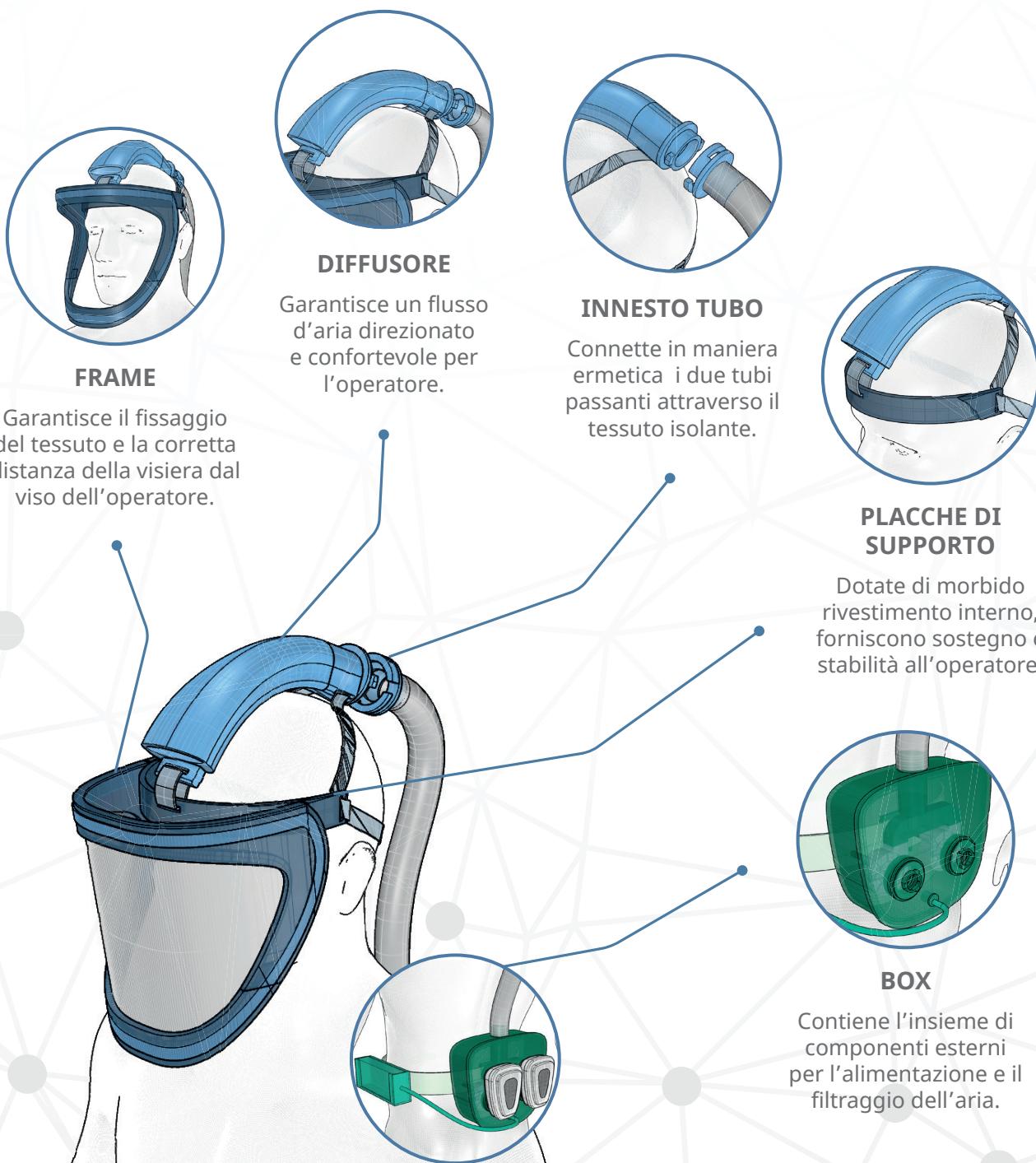


# IL PROGETTO

## I COMPONENTI PROGETTATI

Tra i componenti progettati *ad hoc*, auto-producibili tramite tecniche di stampa 3D, vi sono tutti gli **elementi che compongono il telaio**, insieme con il **box** che contiene la componentistica esterna funzionale all'alimentazione e al filtraggio dell'aria.

Il telaio consta di un *frame* distanziatore che ospita e trattiene ermeticamente una visiera trasparente, della quale garantisce la corretta distanza dal viso dell'operatore; inoltre consente il fissaggio del tessuto isolante, funzionale alla protezione individuale da contagi esterni. Attraverso una serie di placche di supporto, lo stesso *frame* è saldamente collegato al diffusore d'aria filtrata, connesso a sua volta al tubo di immissione che si innesta all'interno del tessuto.



# IL PROGETTO

## I COMPONENTI ESTERNI

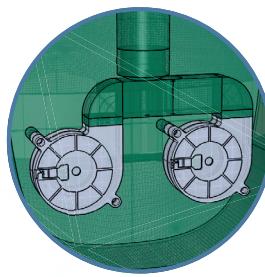
L'individuazione dei componenti esterni, elementi indispensabili per il funzionamento dell'intero dispositivo, si è basata su un **approccio alla progettazione per componenti**. Nello specifico, la ricerca di questi ultimi è stata articolata a partire da un'analisi preliminare delle specifiche caratteristiche dei PAPR professionali e dei progetti *open source* realizzati fino a questo momento dai *makers* internazionali. Ciò ha consentito di individuare una serie di prodotti di facile reperibilità sul mercato, che potessero essere adoperati e/o adattati durante l'assemblaggio del dispositivo.

**Ciononostante, per il raggiungimento di soluzioni progettuali ottimali e conformi alla destinazione d'uso del dispositivo, si auspica il contributo e la condivisione di competenze esterne, nel pieno rispetto dell'approccio *open source* che ha caratterizzato il progetto fin dalle prime fasi.**



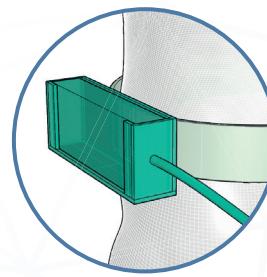
**FILTRI ADATTABILI  
A TIPOLOGIE:  
RD40 - CPAP**

Grazie a due adattatori, i filtri garantiscono la depurazione dell'aria in entrata, proteggendo da contaminazioni esterne.



**VENTOLE**

L'utilizzo di due ventilatori centrifughi consente il passaggio di un maggior flusso d'aria, canalizzato attraverso un innesto ventole - tubo.



**PACCO BATTERIA  
AGLI IONI DI LITIO**

Rappresenta un sistema *customizable* per ottenere il quantitativo necessario di potenza.



**VISIERA SCHERMANTE**

Adeguatamente distante dal viso dell'operatore, garantisce allo stesso tempo visibilità e protezione da contagi.



**TESSUTO ISOLANTE**

Scherma l'intero sistema di componenti interne, creando un ambiente isolato e protetto dagli agenti virali esterni.



**FASCE ELASTICHE**

Posizionate sopra e sotto la nuca, offrono comfort e sostegno durante l'utilizzo della maschera.

# I MATERIALI

## COMPONENTI, PREREQUISITI

### COMPONENTI PROGETTATI



#### ELEMENTI DEL TELAIO, BOX

Stampabilità, resistenza, impermeabilità, sanificabilità, adattabilità.

### COMPONENTI ESTERNI



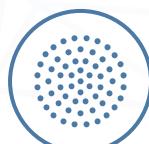
#### VENTOLA

Pressione positiva a 2 velocità, flusso aria costante, 9.0~16.0 VDC, 170-220 LPM.



#### BATTERIA

Lithium ion, portabilità, durata di 6-8 h, minimi ingombri, 12 V, 3.7V/38400mAh.



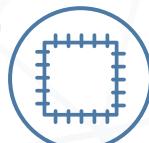
#### FILTO

Tipo N95/FFP2/FFP3, idrorepellenza, atossicità, anallergicità, traspiranza.



#### TUBO

Leggerezza, atossicità, flessibilità, resistenza agli urti.



#### TESSUTO ISOLANTE

Impermeabilità, traspiranza, atossicità, sanificabilità, resistenza.



#### ELASTICI

Elasticità, resistenza a trazione, traspiranza, sanificabilità.



#### VISIERA SCHERMANTE

Visibilità, resistenza agli urti, impermeabilità.

## MATERIALI DI RIFERIMENTO

*PLA, PETG.*

*Ventilatori centrifughi, ventole ottimizzate per la pressione statica, ecc.*

*TalentCell 12V Batteria agli ioni di Litio PB120B, ecc.*

*Tessuto non tessuto (TNT), filtro CPAP antibatterico e antivirale, Filtri RD40, Tessuto EN 1073-2 (Tyvek® 500).*

*Tubi in gomma per usi alimentari, tubi enologici, tubi in cristallo atossici, ecc.*

*TNT / TTR medicali, sacchi in plastica PVC/PC (minimo 160 µ), big bag in PP, tende da campeggio in PA/PE/PES, ecc.*

*Nylon, Spandex, schiuma poliuretanica, UBL (Unbroken loop).*

*PVA (Polivinilacetato), PET-G (Polietilenetereftalato-glicole), PPE (Etere di Polifenilene), PC (Policarbonato).*

# Zefiro

## Tecnologia e innovazione per la lotta al Coronavirus

**Manuale di istruzioni per la  
fabbricazione della maschera  
elettroventilata a pressione positiva**

### A cura di

Asja Aulizio  
Stella Bellisario  
Eva Vanessa Bruno  
Alessandro Campanella  
Francesca Cappa  
Federico Citarda  
Martina Gargiulo Pozzo  
Davide Mercenati  
Fabiana Rovera

### Supervisione di

**Fabrizio Alessio**  
*Consigliere Fablab Torino*  
*/ covid@fablabtorino.org*

**Fabrizio Valpreda**  
*Professore Associato*  
*Resp. scientifico virtualAB*  
*Politecnico di Torino*

**Alessandro Dentis**  
*Resp. tecnico virtualAB*  
*Politecnico di Torino*  
*/ virtualab@polito.it*



# ISTRUZIONI

## ZEFIRO

*Zefiro* è una maschera elettroventilata auto-producibile, progettata da un team di designer e progettisti del Politecnico di Torino, supportati dalle competenze del virtuaLAB e del Fablab Torino. La maschera, che si compone di una serie di elementi progettati *ad hoc* e di altri componenti di facile reperibilità sul mercato, è un **Dispositivo di Protezione Individuale** destinato a tutto il personale medico che opera nei reparti di terapia intensiva Covid-19.

## PROCEDURA DI STAMPA E ASSEMBLAGGIO (MASCHERA)

- 1 Scarica il modello 3D della maschera.
- 2 Posiziona i componenti sul piatto di stampa in modo da ottimizzarne la disposizione.
- 3 Stampa i componenti della maschera e rimuovi i supporti generati durante la stampa.
- 4 Incolla tra loro i due elementi costituenti il *frame* (1) (2).
- 5 Stampa la dima della visiera (3) e ritaglia quest'ultima sul materiale trasparente da te scelto.
- 6 Incolla la visiera nella scanalatura interna del *frame*.
- 7 Unisci il *frame* e il diffusore (4) per mezzo dei 2 elastici in nylon. Il primo (5) dovrà connettere la parte frontale del *frame* con l'estremità anteriore del diffusore; il secondo (6) creerà la struttura di supporto passando per le asole poste nelle estremità laterali del *frame*.
- 8 Dopo aver cosparso di colla la parte esterna del *frame*, posiziona al di sopra di esso il tessuto isolante, avendo cura di rifilarlo seguendo il margine della visiera.
- 9 Pratica un foro ( $\varnothing$  34 mm) in corrispondenza dell'innesto del tubo, in prossimità della nuca; quindi connetti il diffusore al tubo esterno (7) per mezzo della valvola (8).

# ISTRUZIONI

## ESPLOSO MASCHERA



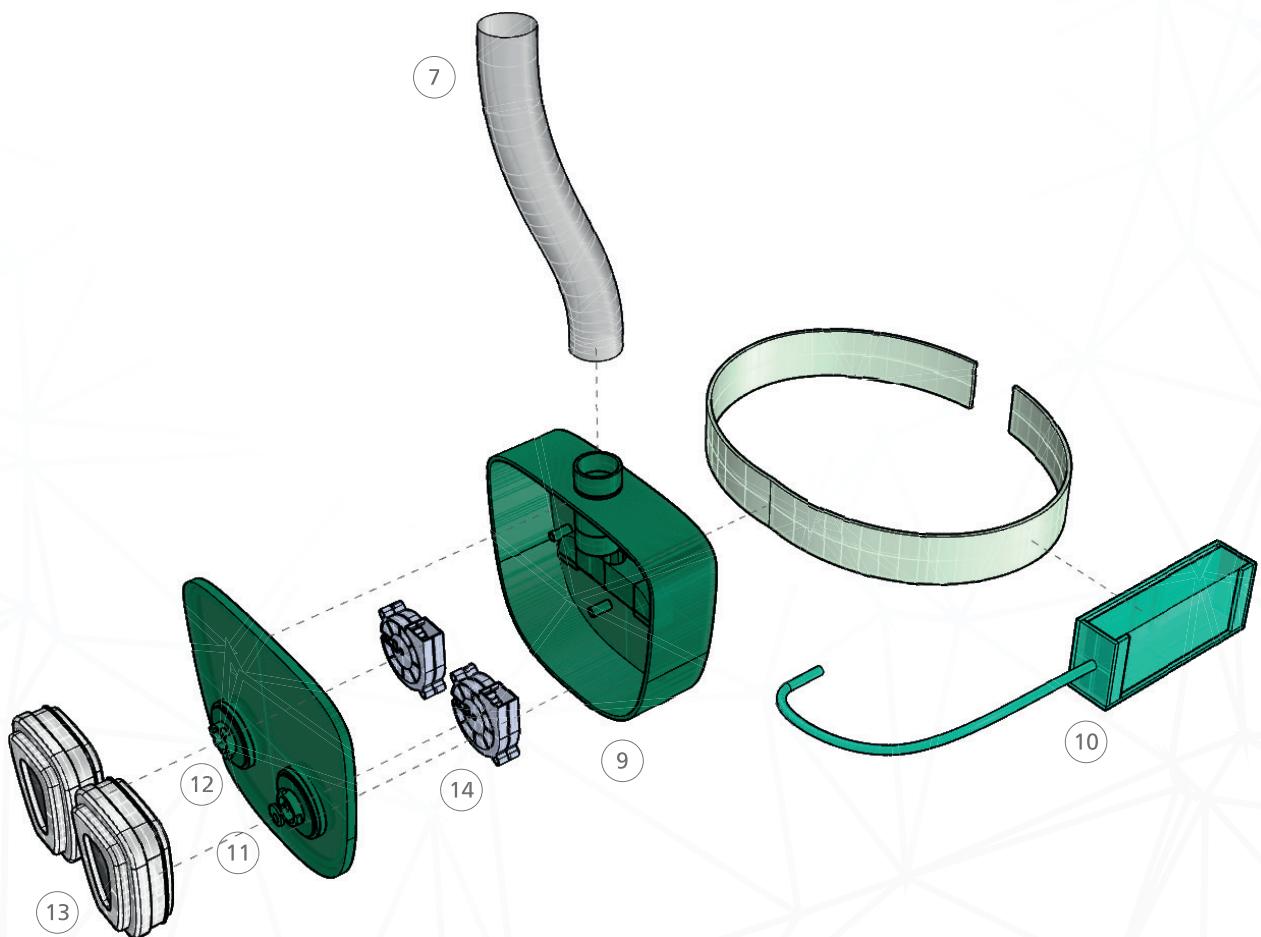
# ISTRUZIONI

## PROCEDURA DI STAMPA E ASSEMBLAGGIO (BOX)

- 1 Scarica il modello 3D dell'unità di ventilazione e degli adattatori.
- 2 Posiziona i componenti sul piatto di stampa in modo da ottimizzarne la disposizione.
- 3 Stampa il box dell'unità di ventilazione (9), del pacco batteria (10) e l'elemento connettore tra ventole e tubo (11).
- 4 Stampa gli adattatori (12) in base ai filtri (13) che hai a disposizione (se necessario).
- 5 Rimuovi i supporti generati dalla stampa.
- 6 Inserisci all'interno del box i due ventilatori (14) e collegali tra di loro con l'elemento connettore.
- 7 Chiudi il box e avvia l'eventuale adattatore, a cui innesterai il filtro.
- 8 Inserisci le batterie nella scocca del pacco batterie.
- 9 Assembra il tubo (7) all'unità di ventilazione.

# ISTRUZIONI

## ESPLOSO BOX



# ISTRUZIONI

## DIMA PER VISIERA SCHERMANTE

Stampare in formato A3 (dimensioni effettive)

Scala metrica

