

hydrobeat

Progettazione di occhialini intelligenti per il monitoraggio in tempo reale della performance natatoria e per la riproduzione di file musicali



Scuola del design Corso di Laurea Magistrale
Design & Engineering

Relatore
Prof. Ing. Giuseppe Andreoni

Candidato
Thomas Bottalico 941842

Anno accademico
2020 / 2021

abstract

L'obiettivo di questo progetto di tesi è quello di trovare soluzioni innovative per innovare e migliorare l'esperienza del nuoto.

Per prima cosa abbiamo descritto lo sport del nuoto in tutte le sue sfaccettature, partendo dalla descrizione biomeccanica del gesto tecnico e continuando poi con una descrizione dei suoi fondamentali, degli utenti coinvolti in questo sport (allenatori e nuotatori, divisi tra atleti agonistici ed amatoriali) e una descrizione dei vari allenamenti ed esercizi praticati oggi.

La ricerca è poi proseguita con un'analisi delle innovazioni tecnologiche che hanno accompagnato questo sport negli ultimi anni: partendo dalla storia dei costumi siamo arrivati ad approfondire i dispositivi wearable utilizzati oggi dai vari atleti che sentono esigenze differenti. Abbiamo approfondito l'analisi con una ricerca di mercato per avere una panoramica dei dispositivi accessibili al pubblico oggi. Occhiali intelligenti, MP3 subacquei, smartwatch e dispositivi per il monitoraggio dei progressi sportivi degli atleti sono le categorie che abbiamo approfondito maggiormente.

A questa fase di benchmark, è seguita una fase di ricerca più specifica sugli utenti ed i loro bisogni. Dopo aver effettuato diversi sondaggi ed interviste, abbiamo deciso di proseguire con la progettazione di un dispositivo wearable per i nuotatori amatoriali. In particolare, la progettazione di un paio di occhiali intelligenti è risultata essere più adatta per questa tipologia di

utenti, meno soliti ad usare altri accessori oltre alla cuffia ed occhiali.

Dalle interviste è emerso che gli utenti amatoriali si allenano molto spesso individualmente, senza il supporto di alcun allenatore: tuttavia sarebbero molto interessati ad essere guidati nei propri allenamenti con un piano di allenamento specifico per loro e ad avere feedback in tempo reale sui singoli esercizi. Inoltre uno storico dei loro progressi sportivi, accessibile dal proprio smartphone post allenamento, risulterebbe molto stimolante per gli atleti che sentono molto il bisogno di migliorarsi e verificare questo miglioramento ma, ad oggi, non esistono molti prodotti in grado di restituire loro feedback oggettivi. Dai sondaggi è anche emerso che, non essendo seguiti da un allenatore, i nuotatori amatoriali tendono ad eseguire sempre gli stessi esercizi e/o stili di nuoto, il che rende i loro allenamenti molto monotoni. Molti degli intervistati hanno espresso il desiderio di poter ascoltare la musica (o i podcast) durante i loro allenamenti, ma MP3 esterni disponibili sul mercato, risultano scomodi ed ingombranti.

Terminata questa fase di ricerca utente, abbiamo proseguito con la definizione del brief: l'obiettivo è progettare un paio di occhiali intelligenti in grado di monitorare gli allenamenti degli atleti, di suggerire loro esercizi specifici personalizzati sull'utente e di riprodurre musica e podcast durante l'allenamento.

Il progetto di tesi si conclude con un approfondimento sull'ingegnerizzazione degli occhiali, con descrizioni specifiche sulla scelta dei materiali, dei processi produttivi e descrizione tecniche dei singoli componenti, e sull'interazione dell'utente con il dispositivo.

Terminata questa fase di ricerca utente, abbiamo proseguito con la definizione del brief: l'obiettivo è progettare un paio di occhiali intelligenti in grado di monitorare gli allenamenti degli atleti, di suggerire loro esercizi specifici personalizzati sull'utente e di riprodurre musica e podcast durante l'allenamento. Il progetto di tesi si conclude con un approfondimento sull'ingegnerizzazione degli occhiali, con descrizioni specifiche sulla scelta dei materiali, dei processi produttivi e descrizione tecniche dei singoli componenti, e sull'interazione dell'utente con il dispositivo.

Hydrobeat is a thesis project which is born to find innovative solution to improve the swimming experience.

First of all, we started by introducing swim and all its aspects: we analysed all the swimming styles, their techniques and relative biomechanics, users (coaches and swimmers) and training.

Research goes on with an analysis about technological innovation in swimming field developed till now and benchmark analysis to have a clear idea on what's available on the market: smart swimming goggles, scuba MP3, smartwatches and devices for keeping track of training data.

After this benchmark analysis, the thesis continues with a focus on users and their needs. After having surveyed and interviewed many users (coach and swimmers, both professionals and amateurs) we decided to design a wearable device for amateur swimmers. In particular, we decided to go on designing smart swimming goggles to listen to music and collect and process training data to give back real-time feedback to the swimmers who mostly train without the support of any coach. Interviewing amateur swimmers we realised they mostly train individually, repeating exercise over and over (because their knowledge of other exercise or inexperience) which make their training often boring. They also expressed the desire to get custom training and real-time feedbacks. In addition to that, most of them told us they would love to listen to music while training and for this reason we decided to implement this function with bone conduction technology.

After having defined the brief, we proceeded with all the swimming goggle requirements and constraints, related to technical, environment and users. In the last chapter we describe all the engineering aspect of the product we designed: we described the choice of materials and relative industrial processes, how we transformed constraints and requirements in custom parts and finally, we describe the UX and UI of Hydrobeat.

index

1. Il nuoto

- 1.1 Introduzione
- 1.2 La fisica del nuoto
- 1.3 I fondamentali
- 1.4 Utenti
- 1.5 Allenamento

2. I dispositivi wearable

- 2.1 Introduzione
- 2.2 Classificazione dei dispositivi wearable
- 2.3 La tecnologia dei dispositivi wearable
- 2.4 Design for wearability

3. Analisi di mercato

- 3.1 Introduzione
- 3.2 Abbigliamento
- 3.3 Occhiali intelligenti
- 3.4 Lettori MP3 subacquei
- 3.5 Smartwatch

4. Definizione brief

- 4.1 Introduzione
- 4.2 Definizione target
- 4.3 Misure antropometriche
- 4.4 Ascolto della musica
- 4.5 Monitoraggio degli allenamenti
- 4.6 Variabili di contesto

5. Ingegnerizzazione

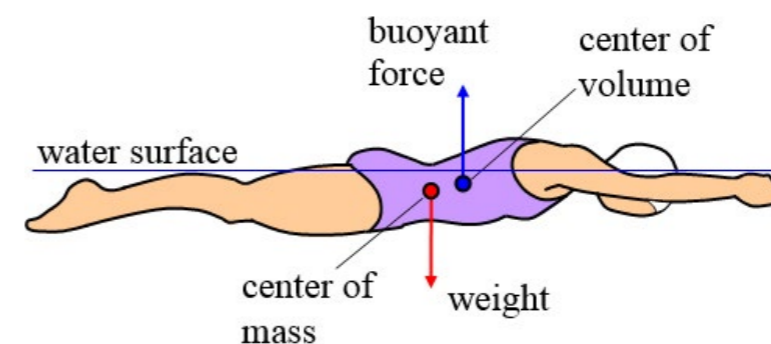
- 5.1 Identificazione dei componenti
- 5.2 Scelta dei materiali e del processo produttivo
- 5.3 Ingegnerizzazione dei componenti
- 5.4 UX / UI

6. Conclusioni

è una delle discipline olimpiche più antiche, inserite anche nella prima edizione. Oggi il nuoto può essere praticato sia a livello professionistico, sia a livello amatoriale per diversi scopi, tra cui l'esercizio fisico, la riabilitazione, il soccorso (personale ed altrui) e professionale.

01.2 La fisica del nuoto

Prima di approfondire i fondamentali del nuoto, proviamo a descrivere dal punto di vista fisico ciò che succede mentre un nuotatore si muove in vasca. La fisica nel nuoto implica l'interazione di forze esercitate tra l'acqua ed il nuotatore: in particolare metteremo in evidenza le proprietà fisiche dell'acqua influenti sulla performance dell'atleta. Capire quali sono e come si comportano permette di avere una comprensione più approfondita del nuoto e, in ultima analisi, su quali aspetti bisogna concentrarsi maggiormente al fine di migliorare le proprie prestazioni sportive.



1.2.1 Schema esplicativo della spinta verticale statica

01 IL NUOTO

01.1 Introduzione

Il nuoto è un'attività individuale che permette il galleggiamento e il moto del proprio corpo nell'acqua coinvolgendo quasi tutti i muscoli del corpo. Per questo motivo, esso viene considerato uno degli sport più completi e salutari dal punto di vista motorio. Infatti i nuotatori tendono ad aumentare la propria massa magra in relazione ad una diminuzione della massa grassa, uno sviluppo della struttura ossea, l'espansione della cassa toracica ed un miglioramento delle propria abilità di coordinazione motoria, respiratoria e la riduzione della spasticità. Per questi motivi si può dire che il nuoto favorisca la salute, la longevità, il benessere psicologico e fisico.

Questo sport viene praticato da oltre 7000 mila anni (di cui le pitture rupestri nella caverna dei nuotatori sono testimonie) ed

Spinta verticale statica

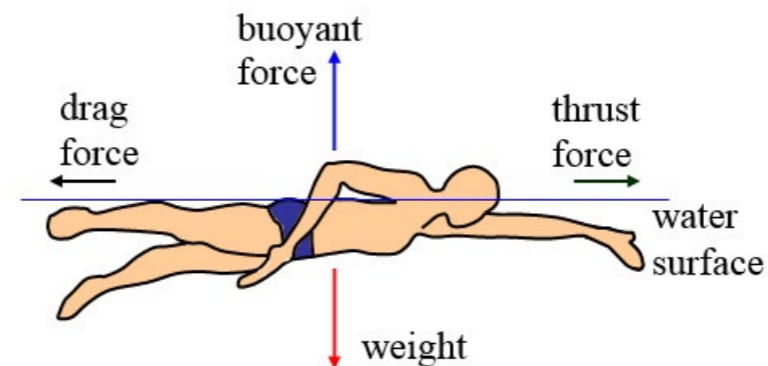
Quando un corpo viene immerso in un fluido, ne sposta una quantità pari al suo volume. Ogni corpo immerso in un fluido è soggetto alla spinta di Archimede, ovvero una forza diretta verso l'alto uguale al peso del fluido spostato. Il corpo galleggia se la forza di Archimede è maggiore della forza di gravità che spinge il peso verso il basso. Al contrario, affonda.

Al contrario della forza di gravità, la forza di Archimede agisce nel centro di volume e non di massa. Al variare della posizione di questi punti l'effetto delle forze sarà molto diverso. Come si vede nelle figure qui sotto, gli uomini tendono ad avere il centro di volume spostato più verso la testa, rispetto al centro di massa: l'effetto delle due forze combinate sarà quello di far affondare i piedi, e l'affondamento sarà tanto più pronunciato quando più distanti sono i due punti di applicazione delle forze, visto che il punto di equilibrio si raggiunge quando sono allineate. Per quanto riguarda l'intensità della forza, e dunque la tendenza più o meno pronunciata ad affondare, le differenze riguardano soprattutto la composizione corporea, visto che i tessuti magri del corpo hanno una densità maggiore rispetto al grasso. Questa è la giustificazione che spiega perché i soggetti con una massa grassa maggiore tendano a galleggiare meglio (a parità di peso) pur avendo un maggior volume rispetto a una persona più magra. Nel caso delle donne, accade spesso il contrario: il centro di massa è più spostato verso i piedi, ed è più vicino al centro di volume rispetto agli uomini. Di conseguenza, le gambe non affondano e le donne hanno una maggior facilità nel mantenere una posizione orizzontale in acqua.

Un altro aspetto molto importante riguarda l'influenza delle parti del corpo che emergono dall'acqua. Qualunque parte del corpo emersa diminuirà la spinta di Archimede e renderà più dispendioso a livello energetico il galleggiamento. Per questo motivo la posizione della testa è fondamentale durante la nuotata: iperestendendo la testa (guardando avanti invece di guardare il fondo) il corpo tenderà ad affondare (partendo dai piedi). Questo costringe il nuotatore ad intensificare la gambata per generare la forza verticale necessaria al galleggiamento dei piedi, sprecando più energie. Purtroppo molti allenatori insegnano ancora a tenere la testa iperestesa, che guarda avanti, ma se osserviamo gli atleti professionisti, noteremo che tutti tengono la testa in posizione neutra, nascosta tra le spalle, nel naturale prolungamento della spina dorsale.

Un secondo aspetto interessante riguarda l'influenza della respirazione. Quando riempiamo i polmoni, aumentiamo il volume del tronco, senza aumentare il peso corporeo: come conseguenza, la forza di gravità rimane costante, ma la forza di

galleggiamento aumenta in corrispondenza del tronco ma non dei piedi, dunque il centro di volume si sposterà verso la testa, aggravando la tendenza a far affondare i piedi. Di questo si può tenere conto per adottare diversi stili di respirazione, a seconda degli stili, descritti meglio in seguito. Nello stile libero, dove cerchiamo di mantenere una posizione orizzontale in acqua, è opportuno iniziare subito l'espiazione, evitando di avere i polmoni pieni in nessuna fase della nuotata. Nel delfino, al contrario, si ha un accentuato affondamento del petto immediatamente dopo la respirazione, causato dal movimento ondulatorio del corpo, che può giovare di una spinta idrostatica maggiore: in questo caso è opportuno trattenere il respiro ed eseguire l'espiazione violenta, immediatamente prima dell'inspirazione successiva.



1.2.2 Schema esplicativo della spinta verticale dinamica

Spinta verticale dinamica

Una seconda forza da tenere in considerazione è la forza verticale dovuta all'impatto dell'acqua sulle superfici del corpo: viene definita come spinta verticale dinamica ed aumenta all'aumentare della velocità del nuotatore. Per questo motivo nuotare velocemente rendere il galleggiamento più semplice e per lo stesso motivo i nuotatori principianti fanno più fatica. Questo problema si supera ricorrendo alla gambata: aumentando la spinta degli arti inferiori ci si raddrizza in una posizione supina.

Per questo motivo le donne consumano il 30% di energia in meno per nuotare, a conferma del fatto che nel nuoto una parte importante di energia viene impiegata per il galleggiamento.

Pressione idrostatica

Sott'acqua, la pressione aumenta di un'atmosfera (1 bar) ogni 10 metri di profondità. Il volume di solidi e liquidi rimane invariato al contratio dei gas che si riducono all'aumentare della pressione. Quando ci immergiamo, l'aria contenuta nei polmoni si riduce di volume, e i polmoni di conseguenza. Come conseguenza, riducendo il volume del corpo, la spinta idrostatica diminuisce.

È anche per questo motivo che, nella tecnica moderna di nuotata, dopo il tuffo e le virate i nuotatori si spingono molto in profondità, cosa controproducente all'apparenza, perché di fatto allungano il tragitto, ma consente loro di scivolare meglio durante la subacquea.

Forza di resistenza dell'acqua

Imparare a gestire la forza di resistenza è fondamentale per generare la forza di propulsione. Senza la forza di resistenza dell'acqua sarebbe impossibile per generare le forze di propulsione ma è anche vero che la stessa forza è ciò che limita la velocità dell'atleta, opponendosi al movimento in avanti. La resistenza dell'acqua va per questo motivo cercata e massimizzata per generale la proulsione ma va evitata e minimizzata per ridurre le forze frenanti durante la nuotata.

Usare la resistenza per la propulsione

L'analisi della spinta propulsiva può dunque essere divisa seguendo il terzo principio della dinamica, il principio di Bernoulli e la resistenza offerta dai vortici.

Il terzo principio di Newton

Il terzo principio di Newton enuncia che all'azione di ogni forza corrisponde una reazione uguale e contraria. La traiettoria curvilinea che seguono le mani dei nuotatori è giustificata dal principio di azione e reazione: spostando la mano lateralmente cercando masse di acqua ferme, riuscirà a generare una propulsione molto più efficace.

Principio di Bernoulli

La mano di un nuotatore si muove trasversalmente nell'acqua facendo scorrere l'acqua sopra il palmo con una velocità

maggiore rispetto all'acqua che passa sul palmo della mano, a discapito della traiettoria. Di conseguenza si genera una depressione sul palmo e quindi una forza di spinta. Il principio fisico alla base di questo fenomeno prende il nome di principio di Bernoulli, lo stesso che consente alle ali di un aereo di generare le forze utili al sollevamento da terra.

Forza di resistenza dei vortici

L'ultimo aspetto da considerare sono i vortici, ovvero masse d'acqua in rotazione che si generano durante la nuotata. Tali vortici generano una resistenza notevole e possono essere utilizzati per aumentare la resistenza necessaria per la propulsione, specie nuotando a rana o a delfino.

Grazie a questa analisi, possiamo iniziare ad intuire alcuni accorgimenti nella tecnica di nuotata per massimizzare la propulsione. La mano ed il braccio devono essere il più possibile perpendicolari alla direzione della nuotata, e cioè è possibile mantenendo il compito alto. La traiettoria deve essere curvilinea e la superficie di appoggio deve essere la maggior possibile ed ovviamente, il movimento della mano e del braccio devono aumentare durante il movimento.

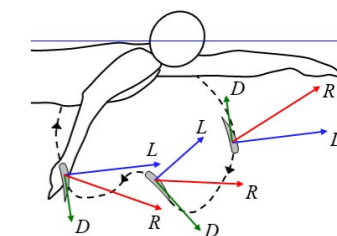
Minimizzare l'effetto frenante dell'acqua

Il corpo di un nuotatore si muove in acqua subendo una notevole resistenza dovuta alla densità del liquido e che cambia al variare della velocità. Nel nuoto, ridurre le resistenze è più importante che aumentare le forze propulsive e quindi migliorare la tecnica è più importante di accrescere la propria massa muscolare. La resistenza dell'acqua dipende da tre fattori.

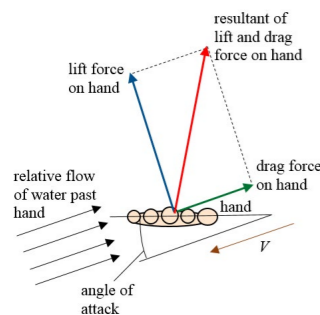
Resistenza frontale

La resistenza frontale è dovuta allo spostamento delle masse d'acqua in senso orizzontale e verticale. Mettere in movimento questa massa d'acqua richiede energia, che si manifesta sotto forma di forza frenante (viene sottratta al movimento). Per ridurre la resistenza frontale, bisogna assumere una posizione piatta in acqua, in modo tale da occupare il cilindro più piccolo possibile nella direzione del movimento.

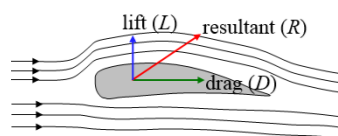
Resistenza di vortice



1.2.5 Schema esplicativo della spinta verticale dinamica



1.2.3 Schema esplicativo delle forze agenti sulle mani e delle relative reazioni vincolari



1.2.4 Principio di Bernoulli applicato alla mano di un nuotatore

L'acqua che viene messa in movimento scorre lungo il corpo del nuotatore generando turbolenze (vortici) che generano grande resistenza e vanno quindi evitati il più possibile. Un corpo che si muove sott'acqua genera minori turbolenze, per questo i tratti di nuotata subacquea vengono sempre sfruttati fino al limite imposto dal regolamento. Una posizione allungata in acqua e movimenti coordinati di braccia e gambe favoriscono il fluire tranquillo dell'acqua lungo il corpo.

Resistenza di attrito

Essa è dovuta alla composizione della superficie del corpo sul quale fluisce l'acqua. Per questo i nuotatori tendono a depilarsi al fine di ridurre le forze di attrito ed è lo stesso motivo che giustifica il successo dei costumi.

01.3 I fondamentali

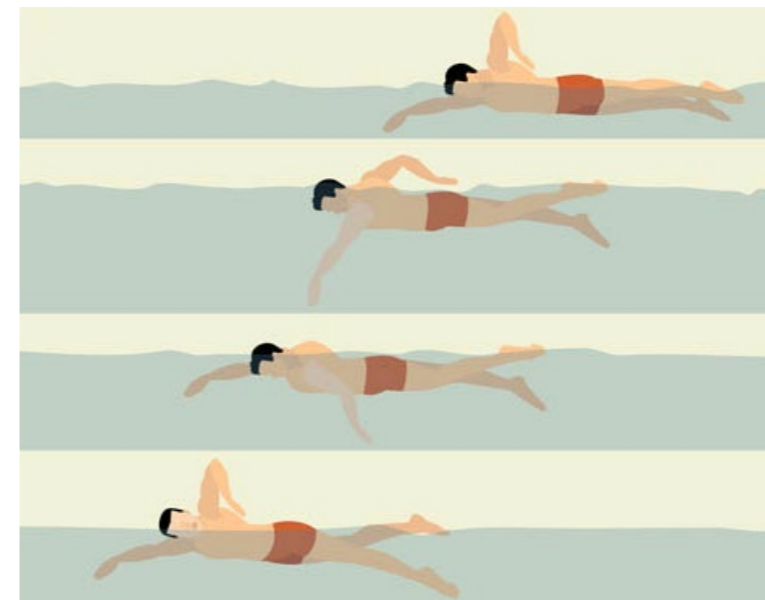
Nel nuoto possiamo distinguere alcuni movimenti elementari che definiamo i fondamentali del nuoto. Tra questi possiamo distinguere i quattro stili (stile libero, dorso, rana e delfino), la partenza, la virata e la subacquea. Procediamo ora con la descrizione approfondita degli stessi.

STILI

Tra gli stili quattro sono quelli prevalentemente praticati e che vengono eseguiti durante le competizioni professionistiche a livello nazionale ed internazionale. Tutti questi stili presentano due fasi alterne di bracciata, la fase attiva e la fase passiva, ma esistono diverse tecniche di esecuzione. Gli stili sopraccitati sono lo stile libero, il dorso, la rana ed il delfino. Tuttavia, nonostante le tecniche di esecuzione siano differenti, ritroviamo alcuni elementi che accomunano questi stili.

Crawl

Il crawl, conosciuto erroneamente come stile libero, è la tecnica che permette di nuotare più velocemente essendo il più idrodinamico e continuo. L'atleta nuota in posizione prona con uno stile circolare e continuo, alternando la rotazione delle braccia, una battuta di gambe alternata e continua con l'aggiunta di una respirazione



1.3.1 Schema della tecnica crawl

laterale, eseguita solitamente ogni tre bracciate. Durante la nuotata, il corpo è leggermente inclinato rispetto alla superficie dell'acqua, al fine di ridurre al minimo l'attrito ed ottenere la massima idrodinamicità. La testa è la parte del corpo più vicina alla superficie dell'acqua, il bacino assume una posizione leggermente affondata mentre gambe e piedi rappresentano la parte più inferiore del corpo. Per mantenere i muscoli del collo distesi è necessario che il nuotatore mantenga la testa rivolta verso il basso con il mento appoggiato nell'infossatura del collo. Gli arti inferiori rappresentano la propulsione principale in questo stile ma hanno soprattutto il compito di stabilizzare il corpo in seguito alla spinta verso l'alto che subisce il piede durante la spinta.

Tramite questi movimenti tipici del crawl, è possibile allenare ogni parte del corpo e rinforzare braccia, spalle e pettorali, ottenendo quindi una muscolatura snella ed armonica. Inoltre lo stile libero rinforza i polmoni vista la necessità di una respirazione alternata e veloce, per evitare di rallentare il movimento. Infatti la tecnica di respirazione del crawl consiste nel far uscire eggermnete la testa dall'acqua da un lato, mentre il braccio inizia la fase di recupero sopra l'acqua. Il respiro va fatto con la bocca e bisogna tornare sott'acqua nel minor tempo possibile sott'acqua. Durante questa fase, è importante respirare lentamente con naso e bocca fino al respiro successivo.

Il movimento degli arti superiori

La propulsione dell'atleta nello stile crawl è influenzata principalmente dagli arti superiori. Questo movimento è distinguibile in due azioni principali, un'azione aerea (o recupero) e l'azione subacquea (o trazione). La prima inizia con la fase di emersione, partendo dal gomito e poi con la mano, la quale dovrà avere il palmo della mano rivolto verso gli arti inferiori. Il pollice si muove lungo il corpo sfiorando la coscia. L'azione aerea si effettua con il gomito flesso e più alto della mano, in modo tale da descrivere una traiettoria non curvilinea. Il pollice è la prima parte dell'arto che entra in acqua.

Nella fase subacquea possiamo a sua volta riconoscere tre diversi momenti:

1. la presa, ovvero il momento in cui la mano entra in acqua con un'inclinazione pari a 45° ed in linea con le spalle. Il gomito resta alto mentre il braccio si estende in avanti, discende con una direzione verso l'esterno ed esegue la presa poco sotto la superficie dell'acqua grazie ad una leggera flessione del polso, in modo da indirizzare il palmo della mano indietro.

2. la trazione è il momento che descrive la flessione dell'avambraccio rispetto al polso. Il gomito rimane in posizione alta rispetto alla mano che si avvicina alla linea mediana del corpo. La trazione termina quando la mano arriva all'altezza del busto e quando si raggiunge la massima estensione, compresa tra i 90° ed i 110° circa.

3. la spinta rappresenta l'ultimo step. Finita la trazione (ovvero quando il braccio è posizionato perpendicolarmente al corpo) l'avambraccio si estende sul braccio consentendo alla mano di spingere fino a quando il pollice sfiora la coscia, disegnando una traiettoria ad "S" sul piano frontale. In questo modo l'atleta ottiene la massima forza di propulsione. È importante evidenziare come questa traiettoria della mano sia strettamente legata alla rotazione del bacino e delle spalle, senza la quale il movimento risulterebbe impossibile.

Il movimento degli arti inferiori

Il colpo di gambe, nello stile libero, genera una spinta pari al 25%

circa della propulsione totale. Come abbiamo precedentemente detto, la funzione principale delle gambe è quella di stabilizzare il corpo dell'atleta e mantenerlo a galla. Possiamo definire il movimento, e quindi la spinta degli arti inferiori, un movimento verticale, con un movimento alternato e ciclico completamente subacqueo in cui i soli talloni emergono in superficie. Il movimento totale delle gambe può essere descritto in due fasi:

1. una fase attiva: la coscia trasferisce il movimento dell'anca alla gamba che in seguito si distende sulla coscia. Il piede flesso e leggermente rivolto verso l'interno delle gambe esegue un movimento a frusta sull'acqua, cercando di evitare escursioni laterali.

2. una fase passiva: l'arto inferiore, teso, è riportato verso la superficie grazie al movimento della coscia. In questa fase il piede rimane sott'acqua se non per il tallone.

In generale, entrambe le fasi influiscono sull'avanzamento del corpo ma è chiaro come la prima fase influisca maggiormente su di esso. L'ampiezza ottimale del movimento prevede una profondità di discesa degli arti variabile tra i 20 e i 40 cm con una flessione della gamba sulla coscia che può raggiungere i 120°.

Rollio

La tecnica dello stile libero è caratterizzata da una leggera oscillazione del corpo, in particolare di spalle e bacino che si inclinano da una parte all'altra con un'inclinazione che è di 45° sul lato da cui si respira e di 30° sull'altro lato. Questo movimento è una conseguenza del movimento tra braccia e gambe, è di fatto il reale fattore che permette all'atleta di avanzare in acqua anche se è facile pensare che la propulsione sia una conseguenza del moto degli arti precedentemente descritti.

Respirazione

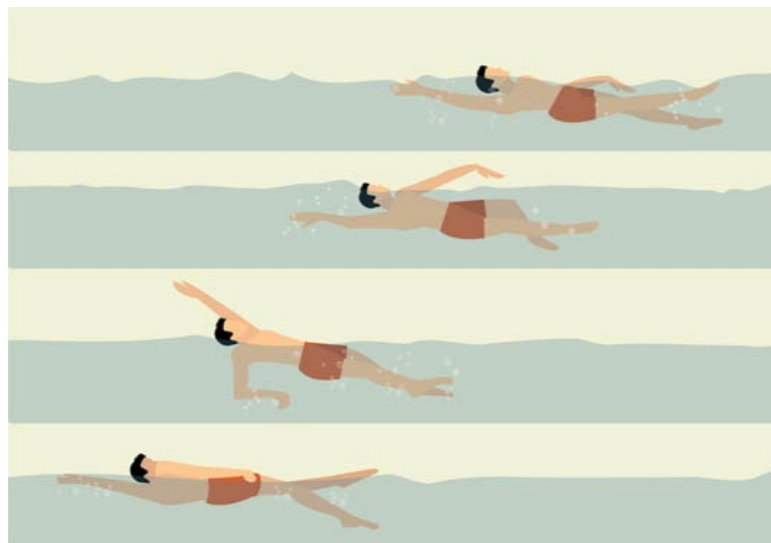
La respirazione nello stile libero avviene lateralmente ed è consigliabile effettuarla ogni 2 o 3 bracciate ma è altrettanto consigliato effettuare una respirazione bilaterale per essere più bilanciati nel moto. Inoltre, respirando da ambo i lati si evita che il braccio non coinvolto nell'azione diventi solamente un sostegno piuttosto che un mezzo propulsivo. La respirazione viene quindi suddivisa in tre fasi:

1. Inspirazione dalla bocca: deve essere eseguita nel modo più veloce possibile per evitare di aumentare l'attrito con l'attrito e si esegue facendo ruotare il capo quando l'arto superiore è sotto al petto. L'inspirazione inizia alla fine della fase di spinta dura fino a 2/3 del recupero del braccio.

2. l'apnea è la fase che permette il galleggiamento e la diffusione dell'ossigeno dagli alveoli al sangue

3. l'espiazione dal naso e dalla bocca è lenta subito dopo l'inspirazione ma aumenta drasticamente nelle fase finale per eliminare l'acqua dalle labbra.

1.3.2 Schema della tecnica dorso



Dorso

Il dorso è la versione speculare dello stile libero. Braccia e gamba si muovono con la stessa tecnica ma a differenza del crawl, il nuotatore è in posizione supina con il viso emerso dall'acqua. Rispetto al primo risulta essere uno stile più lento a causa delle bracciate meno profonde, ma non ci sono le difficoltà legate alla respirazione e per questo motivo è uno degli stili che si apprende più rapidamente. La posizione del corpo in acqua è leggermente più inclinata rispetto al crawl, con un angolo di circa 135° rispetto alla linea dell'acqua, in modo da non far uscire i piedi dall'acqua e per evitare che l'acqua ricopri il viso. Per poter raggiungere una posizione ottimale è necessaria che il capo sia leggermente

inclinato in avanti.

Questo modo di nuotare è adatto per rinforzare le spalle, i muscoli addominali e quelli dorsali, oltre che per tonificare glutei e cosce. Perché sia veramente efficace occorre alternare nel modo corretto le bracciate e distendere completamente i piedi.

Movimento arti inferiori

Distinguiamo la gambata effettuate nel dorso in due momenti successivi:

1. la fase attiva in cui il movimento della gamba avviene dal basso verso l'alto con una flessione della coscia sul bacino; la gamba si allunga sulla coscia e il piede flesso e ruotato leggermente spinge l'acqua.

2. la fase passiva avviene invece dall'alto verso il basso ed è il momento in cui la gamba recupera la posizione iniziale.

Come nel crawl, la gambata ha nel dorso il compito di stabilizzare il corpo, facilitando il galleggiamento e contribuendo in parte alla propulsione. Il movimento delle gambe è più profondo rispetto a quello descritto nello stile precedente e la posizione più profonda degli arti tocca i 60 cm al di sotto della superficie dell'acqua. La flessione delle gambe oscilla tra i 95° ed i 110°. Il nuotatore deve fare particolare attenzione al suo ginocchio: per ottenere la miglior performance è importante che il ginocchio non si fletti mai e che i piedi rimangano distesi come se fossero un prolungamento delle gambe.

Movimento arti superiori

Come nello stile libero, anche nel dorso la massima propulsione è ottenuta dal moto delle braccia, pari al 70% della propulsione totale. Anche in questo caso il moto delle braccia è ciclico ed alternato e si compone da una fase subacquea (o trazione) e da una fase aerea (o recupero).

L'azione subacquea è divisa in 3 fasi differenti:

1. presa: la mano entra in acqua con la linea delle spalle, scende fino a 20-30cm allontanandosi progressivamente dalla linea mediana del corpo (fino a 45 cm per un nuotatore esperto); arrivata alla giusta profondità, il nuotatore volge il palmo verso una direzione più parallela alla traiettoria del movimento.

2. trazione: terminata la presa, l'avambraccio si flette al gomito e la mano sale avvicinandosi alla linea mediana; all'altezza delle spalle raggiunge una flessione massima di circa 90°, il gomito si rivolge verso il basso in posizione "ala-invertita" e non avanti. Tutto questo movimento è reso possibile solo grazie alla rotazione dell'omero.

3. la spinta: l'avambraccio si distende sul braccio, la mano spinge indietro l'acqua arrivando ad una profondità massima di 40 cm. Al termine di questa fase la mano spinge l'acqua verso il basso.

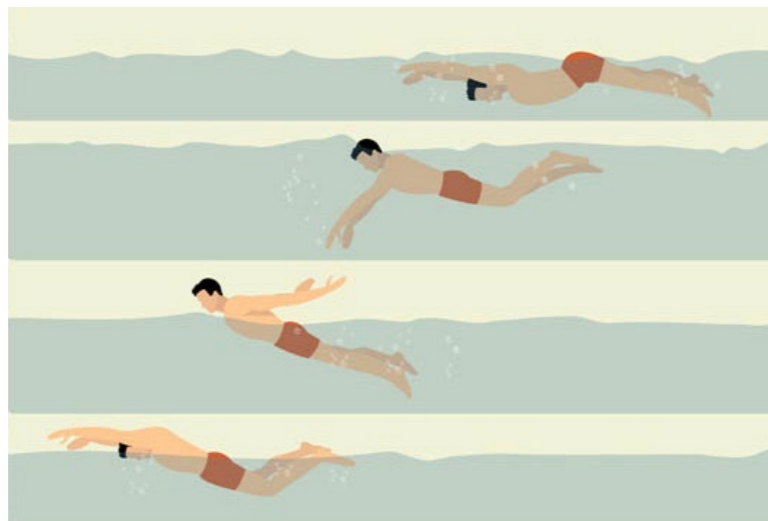
Respirazione

Come anticipato precedentemente, la respirazione non è un tecnicismo particolarmente difficile. E' importante però tenere a mente che, durante la nuotata, è importante inspirare sul recupero di un braccio e l'espiazione sul recupero dell'altro o sulla trazione dello stesso. Una respirazione costante garantisce una nuotata costante.

Rollio

Nuotando a dorso, il rollio massimo viene raggiunto con un braccio a metà del recupero e l'altro a metà della trazione. Il rollio coinvolge le spalle ed il bacino per non perdere il sincronismo mentre la testa deve rimanere ferma e le gambe battere diagonalmente.

1.3.3 Schema della tecnica delfino



Delfino

Il delfino, che viene chiamato comunemente "farfalla", è lo stile caratterizzato dalla tecnica più complessa. Le braccia effettuano una circonduzione simultanea mentre le gambe si muovono unite ad onda (simile al movimento della coda di un delfino appunto), portando il busto fuori dall'acqua per la respirazione. Come nei due stili precedenti, è la bracciata a contribuire maggiormente alla propulsione ma gli arti inferiori contribuiscono ad un corretto moto ondulatorio senza interruzioni.

I suoi movimenti coinvolgono tutto il corpo ed è uno stile indicato per tonificare e rinforzare la parte superiore del corpo. Nuotare a delfino richiede grande coordinazione in quanto la tecnica richiede una bracciata continua e simultanea, accompagnata da due colpi di gambe.

Movimento arti inferiori

Il movimento delle gambe, chiamato anche battuta a coda di pesce o pinnata, è un moto simultaneo e simmetrico. Descriviamo ora le due fasi che lo compongono:

1. fase attiva: il movimento delle gambe avviene dall'alto verso il basso (come nel crawl); l'azione parte dall'anca con anticipo della coscia sul bacino. La gamba si distende sulla coscia, mentre i piedi flessi plantarmente spingono l'acqua. Durante questa fase i piedi arrivano ad una profondità di 60 cm, con un'inclinazione degli arti al termine della spinta che varia tra i 20°/30° rispetto alla superficie. La flessione delle gambe sulla coscia, può arrivare fino a 110° mentre i piedi flessi plantarmente risultano intraruotati.

2. fase passiva: le gambe tornano alla posizione iniziale con un movimento verso l'alto, durante il quale gli arti inferiori tesi sono riportati in alto e le gambe sono distese con le punte dei piedi verso l'interno.

Movimento arti superiori

Anche in questo caso il moto degli arti superiori è un moto simultaneo e simmetrico, motivo per cui la propulsione si divide in fasi molto efficaci (fase attiva o di trazione) a fasi di decelerazione durante il recupero aereo e durante l'entrata in acqua delle braccia.

L'azione aerea - o recupero - inizia sott'acqua con i gomiti che

anticipano l'uscita delle mani, le quali escono per ultime dalla superficie dell'acqua con il palmo rivolto verso la coscia per creare meno attrito possibile. Il recupero avviene con le braccia rilassate e tese che sfiorano la superficie dell'acqua, con i palmi delle mani rivolti indietro. Durante il recupero, le braccia vengono spinte in avanti. La testa anticipa l'entrata delle mani in acqua, le quali entrano in acqua in linea con le spalle e ruotate leggermente verso l'esterno (sono i pollici in particolare ad entrare per primi in acqua).

Descriviamo ora i tre momenti della trazione:

1. appoggio (o presa): le mani entrano in acqua inclinate a 45°, in linea con le spalle, le braccia distese vengono portate verso l'esterno e verso il basso, allontanandosi progressivamente dalla linea mediana del corpo; la presa avviene ad una profondità massima di 30 cm.

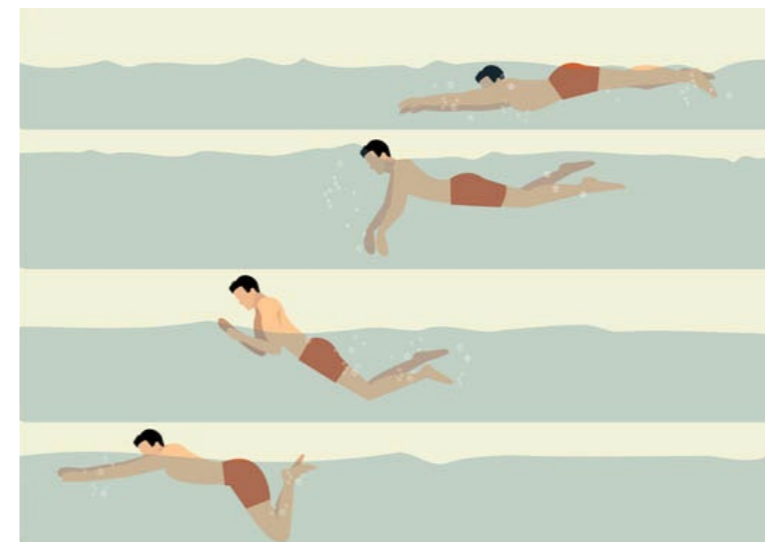
2. trazione: al termine della presa, l'avambraccio inizia a flettersi sul braccio al gomito consentendo alle mani di avvicinarsi alla linea mediana. Il gomito raggiunge una flessione massima di 90° - 110° e avviene quando le mani sono sotto al busto all'altezza della spalle; questo è il momento in cui le mani sono più vicine tra loro. Il gomito è tenuto alto grazie alla rotazione verso l'interno dell'omero.

3. spinta: l'avambraccio si estende sul braccio, le mani continuano la loro spinta indietro dell'acqua fino a quando sfiorano la coscia; l'ultima parte della spinta è importante anche per la fase successiva di recupero delle braccia.

Respirazione

A differenza del crawl, la respirazione a delfino avviene frontalmente. L'inspirazione viene fatta dalla bocca mediante una flessione dietro del capo che le consente di emergere dall'acqua ed è coordinata al movimento degli arti inferiori e superiori. La testa inizia ad estendersi tra la fine della trazione e l'inizio della spinta anticipando l'uscita delle mani dall'acqua. L'inspirazione avviene tra la fine della spinta e la prima metà del recupero; al termine dell'inspirazione, il capo si immerge anticipando l'entrata in acqua delle mani sull'azione di riporto delle braccia. Il rapporto tra

respirazione e bracciata è di 1:2, per diminuire al massimo gli attriti mantenendo una posizione idrodinamica il più a lungo possibile.



1.3.4 Schema della tecnica rana

Rana

La rana è considerato lo stile più lento tra tutti ma allo stesso tempo è considerato quello di maggiore complessità e di dispendio energetico. Al contrario di tutti gli altri stili precedentemente descritti, la propulsione degli arti inferiori è quello che contribuisce maggiormente. Nello stile a rana si nuota sul petto con un movimento simultaneo delle braccia che portano le mani dal petto in avanti seguito da un movimento delle gambe con i piedi che spingono verso l'esterno-dietro. La respirazione è frontale e la testa riemerge durante la fase di spinta, mentre le braccia iniziano la remata prendendo l'aria solo con la bocca.

La rana è lo stile che maggiormente tonifica il corpo, in quanto vengono coinvolti tutti i muscoli, anche se in modo diverso rispetto ai due stili precedenti. Di solito coloro che nuotano a rana sono gli atleti con la muscolatura più sviluppata. La sequenza di movimenti impegna soprattutto glutei e gambe, fortificando anche la parte interna che si allunga. Le braccia, le mani, i polsi ed i muscoli dorsali sono ugualmente coinvolti.

Movimento degli arti inferiori

Anche per la rana, descriviamo una fase attiva (o di spinta) ed una fase passiva, detta anche di recupero.

La prima è un movimento energico di distensione degli arti inferiori al termine del quali i talloni si avvicinano alle natiche mentre i piedi si ruotano esternamente, azione resa possibile dall'intrarotazione del femore. I talloni e le ginocchia si allontanano quindi tra loro; le ginocchia raggiungono la distanza del bacino, i piedi descrivono una traiettoria parabolica. Indichiamo il termine di questa fase quando le gambe sono allungate e i piedi uniti.

La fase passiva invece è caratterizzata da un movimento rapido e decontratto degli arti inferiori. La gamba si flette sulla coscia avvicinando il più possibile i piedi ai glutei, la coscia si flette sul bacino, le ginocchia sono vicine e i piedi rilassati ed in linea con il corpo. Durante la flessione della coscia sul bacino, si ha un angolo di 135° tra le due parti e un angolo di 45° rispetto alla verticale. La gambata, come sottolineato in precedenza, svolge una funzione propulsiva.

Movimento degli arti superiori

Il movimento delle braccia è simultaneo e simmetrico. Si differenzia dalle altre nuotate in quanto l'azione propulsiva non prevede la fase di spinta ed il recupero avviene sott'acqua.

Ancora una volta distinguiamo le fasi attive e passive del moto.

La fase attiva si distingue in 2 momenti successivi:

1. presa: al termine del recupero, gli arti sono allungati in avanti; le mani sono vicine e si trovano a 15-25 cm sotto il livello dell'acqua inclinate diagonalmente verso l'esterno con un angolo di 45°; le braccia tese eseguono un movimento per fuori basso fino a quando le mani si sono allontanate di circa 30 cm (o poco più delle spalle)

2. trazione: l'avambraccio inizia a flettersi sul braccio, gli omeri ruotano all'interno per mantenere i gomiti in posizione elevata. Con la loro flessione, gli arti superiori raggiungono una flessione massima pari al 110°. Durante la flessione del gomito, le mani si riavvicinano alla mediana ed i gomiti si allineano con le spalle; i palmi delle mani si rivolgono obliqui verso l'interno ed i gomiti si uniscono sotto il petto. A ranale fasi di appoggio e presa non si differenziano come negli altri stili precedentemente descritti.

Respirazione

La respirazione avviene frontalmente con la testa che inizia ad emergere quando gli arti superiori iniziano a flettersi durante la trazione, l'inspirazione avviene tra la fine della trazione degli

arti superiori e l'inizio del recupero quando si ha il maggior innalzamento delle spalle, così non è necessario iperstendere troppo i muscoli del capo e del collo. Durante l'inspirazione il capo è rivolto in avanti, mentre al termine dell'inspirazione il capo ritorna sott'acqua e lo sguardo è rivolto diagonalmente verso il basso. L'inspirazione si esegue quando le ginocchia iniziano a flettersi durante il recupero delle gambe.

LA PARTENZA

Per gli stili rana, delfino e stile libero, la partenza viene effettuata dagli appositi blocchi situati poco sopra il livello dell'acqua dai quali i nuotatori si tuffano, eseguono una subacquea (15m massimo) e poi emergono iniziando a nuotare. Le partenze dal blocco possono essere suddivise in due categorie:

1. *Grab Start*: il nuotatore si posiziona con entrambi i piedi aggrappati al bordo anteriore del blocco, il bacino alto e le mani appoggiate nella parte centrale del bordo tra le gambe.

2. *Track Start*: il nuotatore si posiziona con un piede sul bordo anteriore del blocco e l'altro nella parte posteriore del blocco. Da pochi anni è stato introdotto un rilievo nella parte posteriore del blocco per poterne sfruttare al meglio la spinta. Le mani si trovano invece, al contrario del grab start, nella parte anteriore del blocco, vicino agli angoli. Questa tecnica è simile alle partenze che siamo soliti vedere durante le gare di atletica, ed è ritenuto dai professionisti un moto efficace e veloce di partire.

Al contrario, la partenza del dorso si esegue dall'interno della vasca, aggrappandosi ad apposite maniglie posizionate sui blocchi e spingendosi con i piedi dal bordo della vasca.

LA VIRATA

La *virata stile-stile* è un fondamentale utilizzato per cambiare direzione di marcia una volta terminata una vasca. Essa prevede un contatto con il muro con qualsiasi parte del corpo: essa viene eseguita solitamente sfruttando il movimento delle braccia per eseguire una capovolta che termina con i piedi rivolti verso il muro, che saranno poi il mezzo di propulsione per ripartire. La rotazione del busto in posizione prona (con la pancia rivolta verso il basso) può avvenire sia durante la virata che durante la fase di spinta.



1.3.5. Grab Start



1.3.6 Track start



1.3.7 Partenza a dorso

1.3.8 Virata



La virata dorso-dorso prevede anch'essa un semplice contatto con il muro con qualsiasi parte del corpo. E' consentito tuttavia, prima del gesto della virata, riposizionarsi sul petto ed eseguire una singola trazione di una o due braccia. Una volta che l'atleta si è girato sul petto. Questa nuova regola è tuttavia recente, in quanto prima si utilizzava toccare il bordo con una mano rimanendo sul dorso per effettuare una capovolta all'indietro, ruotando il busto quando i piedi erano ancora a contatto con il muro per ritornare in posizione supina (con la pancia rivolta verso l'alto).

Le virate rana-rana, delfino-delfino ed i cambi rana-stile e delfino-dorso nelle gare miste sono differenti. In esse i nuotatori devono toccare obbligatoriamente il bordo con entrambi le mani prima di ripartire con la spinta delle gambe nello stile prefissato.

Infine descriviamo la virata dorso-rana: nelle gare miste si finisce la vasca a dorso e si tocca obbligatoriamente la parete con una parte qualsiasi del corpo in posizione sul dorso e senza che il corpo sia completamente immerso. Una volta toccato il muro ci si gira completamente dalla posizione supina a quella prona. Ma è possibile eseguire anche una variante che contempla la capriola all'indietro, affine alla vecchia virata a dorso. Dopo aver toccato il bordo con la mano si effettua una capovolta all'indietro che termina con una spinta dal bordo quando i piedi sono accostati al muro, questo per facilitare la parte subacquea.

SUBACQUEA

Per subacquea si intende il movimento successivo alla partenza o alla virata. Questo fondamentale avviene sott'acqua e

1.3.9 Subacquea



durante questo movimento, il nuotatore emula la gambata che contraddistingue lo stile delfino. Nelle gare professioniste, il regolamento ufficiale impone che i nuotatori non superino i 15m di subacquea sennò si viene squalificati.

01.4 Utenti

Dopo aver analizzato la tecnica e i principi fondamentali del nuoto, approfondiamo la ricerca sul contesto della piscina analizzando i suoi utenti, facendo prima una panoramica degli atleti in generale in Italia per poi approfondire il discorso con la descrizione degli utenti specifici, quali gli allenatori e gli atleti, distinguendo i nuotatori professionisti da quelli amatoriali.

Dalla tavola 1 si può notare come nel 2016 in Italia il nuoto rappresentasse il secondo sport più praticato e come esso sia spesso praticato come secondo sport. La differenza di genere è un aspetto rilevante di questo sport, ma nulla di comparabile se pensiamo al calcio o alla ginnastica. Nelle tabelle successive (2 e 3) viene analizzata più in dettaglio la pratica natatoria come primo sport o come attività secondaria nelle diverse fasce d'età con una distinzione tra maschi e femmine. Ciò che spicca da questa osservazione è la longevità di questo sport: il nuoto è largamente praticato tra i bambini con età inferiore a 6 anni ma è interessante osservare come ci siano atleti che superino i 75 anni, non sempre osservabile in altri sport.

Allenatori

Il rapporto che si crea tra nuotatore e tecnico è determinante

per il successo sportivo di un atleta. Gli allenatori sono un punto di vista di riferimento sia dal punto di vista fisico (considerati da molti l'unico fattore determinante) che psicologico. Insegnare tecniche di nuoto, strategie e saperlo supportare emotivamente nei momenti sia di gioia ma anche quelli meno fortunati rendono un allenatore migliore. Per questo motivo è fondamentale la creazione di un rapporto di fiducia tra atleta e allenatore. Il ruolo dell'allenatore deve essere ovviamente in primo luogo quello di insegnare ai propri atleti a migliorare la propria tecnica condividendo con loro le competenze teoriche acquisite nel tempo. Queste competenze gli permettono di adattare ciascun allenamento su misura per ogni atleta (o squadra) in relazione al momento della stagione sportiva. Con il tempo l'allenatore acquisisce sempre più esperienza che gli permette di adattare il proprio metodo di lavoro in relazione ai risultati e la relativa risposta del nuotatore (o della squadra) a livello personale. Un buon tecnico deve essere in grado di comprendere la condizione emotiva dell'atleta capendo ciò che l'atleta prova, quali siano le sue sensazioni e pensieri. È importante che questo lavoro sia costante nel tempo. Infine possiamo evidenziare che talvolta l'intuizione è può essere l'arma in più di ogni allenatore. Prevedendo anticipatamente ogni situazione egli può prevenire problemi e ottimizzare il tempo nell'elaborazione di un problema futuro.

Strumentazione a loro disposizione

Gli istruttori di nuoto, per svolgere al meglio il loro lavoro, si supportano con strumenti e tecnologie che variano in base al livello e all'età dei propri atleti.

Infatti, parlando di agonismo fino ai 16 / 18 anni gli allenatori non usano particolari strumenti per seguire e monitorare gli allenamenti se non per un cronometro e la propria vista. Essi osservano i propri nuotatori da bordo vasca e osservano la loro nuotata per individuare errori tecnici. Ma è chiaro che questo tipo di analisi non sia un metodo preciso: la maggior parte del volume corporeo si trova sotto la superficie dell'acqua e ad osservare il movimento di ciascun arto durante la nuotata risulta complesso.

Il discorso cambia invece affacciandosi al mondo dell'agonismo professionista. In questo caso l'utilizzo di tecnologie risulta

abbastanza comune: telecamere subacquee, telecamere installate su alcuni binari posizionati sul fondo della piscina, velocimetri e sistemi elaborati per la misurazione della pressione sono solo alcuni esempi. I dati raccolti vengono poi analizzati durante e dopo l'allenamento per analizzare meglio la prestazione sportiva e per trovare accorgimenti per migliorare i risultati. Le immagini e video sono utilizzate per analizzare meglio i movimenti e la tecnica di ciascuno dei fondamentali ma possono essere usate per effettuare analisi biomeccaniche e prestazionali dell'atleta (ad esempio rollio, inclinazione del corpo, velocità, ...).

Dal punto di vista fisiologico, l'analisi del range metabolico durante le varie serie dell'allenamento non viene effettuata con alcun strumento in particolare. Sul mercato sono disponibili alcuni strumenti quali i cardiofrequenzimetri a fascia, ma risultano scomodi nell'utilizzo e per questo motivo poco utilizzati. Per l'analisi della frequenza cardiaca si utilizzano invece mezzi di misurazione da polso o da collo (il lattato ematico è usato molto di rado).

Atleti

Secondo alcune ricerche condotte da IPSOS e StageUp nel 2016, il nuoto è diventato lo sport più praticato dagli italiani superando il numero di calciatori con ben quattro milioni di utenti. Inoltre è utile evidenziare come il nuoto sia spesso praticato come attività secondaria in aggiunta ad altri sport. Il nuoto è considerato dai genitori uno sport sano che i propri figli dovrebbero intraprendere, è risultato esse anche lo sport dei giovanissimi: il 24% di chi lo pratica ha un'età compresa tra i 3 e i 10 anni. Il nuoto è quindi un sinonimo di salute e di benessere. Quanto alle differenze di genere, nella Tav.1 viene evidenziato come nel nuoto esse abbiano un impatto rilevante ma non ai livelli di altri sport, quali il calcio e la ginnastica. Nella tabella 5 viene studiato la pratica natatoria come primo sport o come attività secondaria nelle diverse fasce d'età. Da essa si evince come il nuoto risulti lo sport principale nelle

Tavola 2 - Elaborazione delle singole voci principali, indicate come primo sport o come attività secondaria

	1° sport	2° sport	3° sport	4° sport	Totale
Calcio	3.080.000	408.000	77.000	21.000	3.596.000
Nuoto	2.200.000	928.000	259.000	60.000	3.447.000
Ginnastica	1.680.000	310.000	56.000	20.000	2.065.000

1.4.1 Tabella che indica il numero di utenti praticanti di nuoto, calcio e ginnastica (2016), fonte FIN

1.4.2 Tabella 6 che indica il numero di utenti che praticano sport acquatici come attività primaria o secondaria, per genere (2016), fonte FIN

Tavola 6 - Sport acquatici / nuoto, sia come primo sport praticato (disaggregato per tipo di attività agonistica), sia come attività secondaria, per genere.*

	Sport acquatici / nuoto come primo sport praticato			Attività secondaria	Totale
	Attività agonistica ufficiale	Attività agonistica non ufficiale	Attività non agonistica		
Maschi	141.000	91.000	674.000	716.000	1.622.000
Femmine	106.000	120.000	1.091.000	536.000	1.854.000
Maschi+Femmine	247.000	212.000	1.765.000	1.252.000	3.477.000

* Valori arrotondati alle migliaia; per effetto degli arrotondamenti le somme potrebbero non quadrare.

1.4.3 Tabella 6 che indica il numero di utenti che praticano sport acquatici come attività primaria o secondaria, per fasce d'età (2016), fonte FIN

Tavola 7 - Sport acquatici / nuoto come primo sport praticato (e tipo di attività agonistica) e come sport secondario, per fasce d'età.*

Maschi+Femmine	Sport acquatici / nuoto come primo sport praticato			Attività secondaria	Totale
	Attività agonistica ufficiale	Attività agonistica non ufficiale	Attività non agonistica		
3-5 anni	1.000	9.000	140.000	17.000	167.000
6-15 anni	85.000	102.000	469.000	306.000	962.000
16-74 anni	161.000	101.000	1.147.000	926.000	2.335.000
75 e più	1.000	-	8.000	3.000	12.000
Totali	247.000	212.000	1.765.000	1.252.000	3.477.000

* Valori arrotondati alle migliaia; per effetto degli arrotondamenti le somme potrebbero non quadrare.

fasce d'età comprese tra i 3 e i 5 anni mentre si afferma come attività secondaria nelle età successive, soprattutto nella fascia adulta. Infine possiamo dire che una particolarità di questo sport sta nel fatto che esso sia largamente praticato in giovanissima età (sotto i 6 anni) ma allo stesso tempo si trovano atleti con un'età superiore ai 75 anni.

Approfondiamo il discorso distinguendo due diverse tipologie di nuotatori: i nuotatori professionisti e i nuotatori amatoriali.

Nuotatori agonisti

Il nuotatore agonista in giovane età ha una vita intensa che si divide tra le ore di studio a scuola e le ore passate in vasca. Come abbiamo visto dalle tabelle analizzate precedentemente, il nuotatore agonistico inizia ad avvicinarsi a questo sport tra i 6 e gli 8 anni e continua fino alla fine della sua adolescenza. Gli allenamenti vanno dalle 3 alle 5 volte a settimane, fino ad arrivare a 6 giorni a settimana per le categorie maggiori (due volte al giorno). La durata degli allenamenti va dai novanta minuti alle tre ore per ciascuna sessione e in questo tempo è anche incluso

l'allenamento in palestra. Rafforzare la muscolatura è importante nella prevenzione degli infortuni e fondamentale per i velocisti che devono prestare particolare attenzione alla massa muscolare.

Strumenti utilizzati

Durante il corso dell'allenamento, il nuotatore affronta esercizi di diversa tipologia che richiedono strumenti particolari. Per perfezionare la tecnica e ed eseguire esercizi specifici vengono utilizzate palette, pull-boy pinne e palette. Per migliorare le proprie prestazioni sportive, invece, si possono usare invece carichi extra (ad esempio zavorre o elastici) per aumentare la resistenza al movimento oppure strumenti tecnologici che raccolgono dati approfonditi che vengono analizzati poi in un secondo momento. Procediamo ora con l'approfondimento di alcuni degli strumenti utilizzati principalmente dai nuotatori.

Specchi

In alcune piscine professionali troviamo alcuni specchi installati sul fondo e sulle pareti della vasca per permettere all'atleta di osservare il proprio stile di nuoto in tempo reale e di eventualmente correggere la propria nuotata.

Supporto posturale

Il supporto posturale è uno strumento a forma di goccia che il nuotatore agonistico posiziona nella zona lombare appoggiando sui glutei e regolabile tramite una cintura elastica. La sua funzione è quella di suggerire all'atleta la posizione corretta per migliorare il galleggiamento.

Collare ortopedico

Il collare ortopedico è uno strumento utilizzato per indicare all'atleta lo streamline della nuotata suggerendogli una posizione eretta durante le fasi di partenza e di virata, migliorando le sue prestazioni.

Strumenti per il rollio

Per fornire feedback in tempo reale sul rollio del nuotatore vengono utilizzati due strumenti: un indicatore ed un regolatore di rollio. Il primo viene applicato sulla vita del nuotatore all'altezza della vita tramite una cintura. Su questa cintura è montato un cilindro plastico contenente una sfera d'acciaio che informa il nuotatore



1.4.4 Specchio installato sul fondo della piscina

sul rollio che sta mantenendo durante il suo allenamento. Il regolatore di rollio invece è costituito da due alette applicate ai fianchi dell'agonista sempre tramite una cintura elastica che crea maggiori sforzi durante la nuotata e stimola l'atleta a variare la propria postura al fine di ottenere una posizione maggiormente idrodinamica.



1.4.5 Allenamento con Hula hoop per migliorare la partenza e la subacquea

Hula-hoop

Gli hula hoop sono dei cerchi realizzati con un tubolare plastico e vengono utilizzati dagli allenatori per migliorare la postura e la traiettoria dell'entrata in acqua (e relativa uscita). Vengono posizionati in modo da delimitare entrata ed uscita e vengono anche posizionati a diverse profondità per suggerire la traiettoria da seguire.

Tappeto elastico

Esso viene posizionato sul fondo o sulle pareti della vasca e hanno lo scopo di migliorare la postura durante le subacquee e le spinte durante le partenze. Gli atleti devono cercare di effettuare salti e ricadere nello stesso punto (se posizionato sul fondo).

A questi strumenti tecnici di supporto vengono affiancati esercizi mirati volti al miglioramento della propria percezione di nuotata: tra questi esercizi distinguiamo gli esercizi di variazione, di diasaccoppiamento, di esclusione e di combinazione.

Esercizi di variazione

Sono un tipo di allenamento volto alla crescita della consapevolezza degli atleti, mediante l'analisi del gesto tecnico e la variazione delle modalità coordinative.

Esercizi di disaccoppiamento

Rompono gli schemi coordinatori acquisiti rompendo gli schemi e le nozioni acquisite nel tempo.

Esercizi di esclusione

Questi sono una tipologia di esercizi eseguiti con l'esclusione, appunto, di una parte del corpo, ad esempio con un solo braccio, ad occhi chiusi, con il pugno chiuso invece della mano aperte, e servono a migliorare la sensibilità dell'atleta.

Esercizi di combinazione

Sono tutti quegli esercizi che vengono svolti dai nuotatori in modo combinato e hanno l'obiettivo di sfidare l'atleta a ripensare al gesto, scomponendo gli schemi acquisiti nel tempo al fine di costruirne di nuovi più complessi.

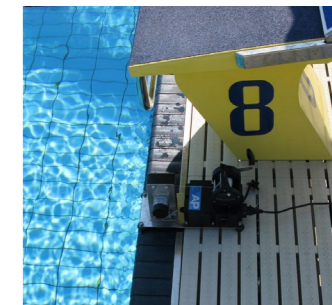
Esercizi di stimolazione

Infine esistono esercizi di stimolazione che migliorano la postura dei nuotatori durante le fasi di partenza, virata e subacquea.

Un'altra tipologia di strumenti, invece, viene utilizzata per migliorare le prestazioni.

Velocimetro

Il velocimetro è uno strumento utilizzato per misurare la velocità, l'accelerazione ed i tempi delle partenze e delle virate. Tramite l'utilizzo di un software dedicato vengono raccolti e visualizzati dati in tempo reale che poi vengono memorizzati ed analizzati nel tempo per confrontare le prestazioni. Alla raccolta dati viene poi affiancata una ripresa video della performance per studiare la postura durante l'ingresso in acqua, la lunghezza e traiettoria della subacquea.



1.4.6 Velocimetro AP Lab

Metronomo

La misurazione della frequenza e della lunghezza della bracciata viene effettuata tramite il metronomo. In questo caso, l'obiettivo dell'allenamento è quello di imparare a variare la velocità mantenendo la stessa ampiezza ciclica della bracciata variandone la frequenza. L'ampiezza del movimento ciclico viene calcolata tramite il conteggio dei cicli eseguiti per ogni vasca che deve rimanere costante per ogni vasca.



1.4.7 Metronomo Finis

Zavorre

Per aumentare la resistenza al movimento del nuotatore vengono usati diversi mezzi. Tra questi ci sono il pallone di spugna (legato alla vita del nuotatore tramite un elastico) che aumenta la resistenza man mano che si impregna d'acqua (incremento graduale). Il paracadute invece la resistenza è elevata sin dalla partenza.

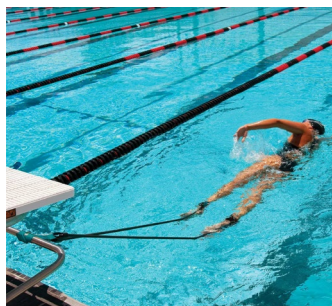
1.4.8 Allenamento con paracadute



Elastici

Gli elastici vengono utilizzati sia per gli allenamenti in cui il nuotatore viene trainato che per gli allenamenti zavorrati. Vengono spesso utilizzati dagli atleti in coppia in due modi: nel primo caso gli atleti sono legati tra loro tramite una corda legata alla vita e l'obiettivo è quello di trascinare l'avversario dalla parte opposta della nuotata (e della vasca); nel secondo caso i due atleti usano o le gambe o le braccia collaborando tra loro.

Esiste anche uno strumento più tecnologico che permette di regolare la resistenza e la velocità di trascinamento del nuotatore, il tutto programmabile da PC.



1.4.9 Cavigliere zavorrate

Braccialetti e cavigliere zavorrate

Sono strumenti usati per migliorare le partenze, virate e la nuotata sotto diversi punti di vista. Nei primi due casi le cavigliere supportano il nuotatore nell'attivazione delle gambe mentre i braccialetti vengono utilizzati per gli allenamenti specifici per la velocità garantendo un maggior controllo nei tempi di recupero.

Palette strumentale

Hanno la funzione di costruire un profilo della bracciata del nuotatore, tramite la raccolta di dati quali la pressione esercitata sul palmo o dorso della mano, e per analizzare l'efficacia della subacquea considerando le relative forze propulsive. Tramite questo strumento è quindi possibile definire la spinta della bracciata, la presenza di eventuali differenze di trazione e la coordinazione di movimento.

Nuotatori amatoriali

A differenza del nuotatore agonistico analizzato precedentemente, l'atleta amatoriale pratica il nuoto per lo più per svago e per motivi di benessere più che migliorare le proprie prestazioni. Come detto in precedenza, il nuoto ha numerosi benefici fisici e psicologici per cui ognuno può sfogarsi, allontanando rabbia e depressione.

Osservando alcuni nuotatori amatoriali è interessante osservare come ognuno effettui il proprio allenamento senza essere seguito e supportato da un allenatore. Per questo motivo capita che gli atleti nuotino con lo stesso stile (principalmente crawl) per tutta la durata della sessione di allenamento, senza variare più di molto gli esercizi, utili a migliorare la tecnica oltre che a rendere meno monotono l'allenamento. La mancanza di supporto dei nuotatori amatoriali fa sì che essi sbagliano alcuni fondamentali molto facilmente e questo può portare ad infortuni. Online esistono alcune risorse che ti permettono di seguire degli allenamenti più vari e mirati a migliorare lo stile di nuotata e prestazioni, ma durante la pratica vera e propria manca un supporto all'atleta che dia consigli e suggerimenti per migliorare o correggere la tecnica.

Esigenze per un nuotatore amatoriale

Per il nuotatore amatoriale il nuoto è sinonimo di benessere e piacere. Il suo obiettivo non è quello di migliorare le proprie prestazioni a livelli eccelsi. Tuttavia, non essendo seguiti, molto spesso non sono consapevoli dell'allenamento che stanno seguendo, degli errori che sono soliti fare e tanto meno di come correggerli.

L'introduzione di un supporto all'allenamento che sostituisca parzialmente il ruolo dell'allenatore potrebbe essere interessante per variare l'allenamento e correggere tecnicamente il nuotatore con consigli e suggerimenti idealmente in tempo reale. La creazione di allenamenti personalizzati in base alle caratteristiche fisiche degli utenti (età, genere, peso, altezza) mirati ad obiettivi specifici non lascerebbero i nuotatori amatoriali abbandonati a se stessi. La raccolta di dati potrebbe essere anche uno stimolo a migliorare le proprie prestazioni o tecnica: il calcolo della velocità media, il numero di vasche, il conteggio delle bracciate sono solo alcune idee implementabili.

Tuttavia osservare gli atleti amatoriali che praticano altri sport può essere interessante per trarre spunti ed idee per il nostro èrpggetto. Osservando gli atleti amatoriali che praticano altri sport noteremo che la musica è sempre presente. Pensiamo a tutti coloro che corrono lungo la spiaggia, che camminano nei parchi o sollevano pesi in palestra: tutti hanno un paio di cuffie a portata di mano per rendere l'allenamento più piacevole con le proprie playlist o podcast preferiti.

La densità del corpo umano è comparabile a quella dell'acqua e questo fa sì che il peso del primo sia retto dall'acqua stessa e per questo motivo viene applicato meno stress sulle articolazioni e sulle ossa.

Inoltre, la resistenza al movimento dipende pesantemente dalla velocità del movimento, permettendo una calibrazione dell'allenamento in base alle proprie abilità. Da questo motivo nasce la pratica del nuoto come forma di riabilitazione per disabili o a seguito di infortuni vari. Un altro scopo per cui questo sport viene praticato riguarda lo scarico di stress fisico e mentale: con questo sport ognuno di noi può sfogarsi, allontanando rabbia e depressione.

Intervista a nuotatori praticanti in Italia

Durante la fase di ricerca, abbiamo avuto la possibilità di intervistare oltre 200 nuotatori praticanti in Italia tra i 6 ed i 65 anni. Dalle interviste emerge come gli atleti si differenziano nelle tre categorie che abbiamo descritto precedentemente: oltre 130 degli intervistati si definiscono nuotatori amatoriali che praticano questo sport più di due volte a settimana per una durata dell'allenamento che varia dai 30 ai 90 minuti, mentre circa 50 persone si definiscono atleti agonisti che praticano il nuoto almeno 3 volte a settimana con allenamenti che superano facilmente i 90 minuti. Osservano l'età anagrafica degli intervistati è evidente la tendenza di approcciarsi al nuoto come nuotatore agonista per poi ridurre il carico e l'intensità degli allenamenti a partire dai 25 anni (termine periodo adolescenziale/universitario), diventando poi a tutti gli effetti un nuotatore amatoriale. I nuotatori amatoriali nuotano principalmente isolati e non sono seguiti da nessun allenatore, sia per una questione di flessibilità

(non devono per forza seguire corsi e/o lezioni ad orari prestabiliti) sia per una questione economica. Questi sono aspetti decisivi nella definizione di funzionalità aggiuntive che sarebbero gradite dagli intervistati: essi vorrebbero in primis avere la possibilità di avere un allenatore virtuale in grado di dare loro consigli su come migliorare la loro tecnica ma anche in grado di suggerirgli esercizi diversi e specifici per rendere l'allenamento meno noioso. A questo proposito anche l'introduzione di uno strumento che permetta loro di ascoltare la musica ridurrebbe la monotonia e il silenzio che caratterizzano i loro allenamenti. La possibilità di poter scattare fotografie e registrare video risulta interessante ma sembra essere una funzionalità extra che più si adatta a quei contesti in acque aperte (dove c'è qualcosa da fotografare): in piscina risulterebbe una funzione non ampiamente utilizzata se non da pochi utenti che voglio registrarsi per migliorare la propria tecnica ed abbattere i propri tempi di pochi decimi di secondo. Tutti gli utenti intervistati sono interessati alla possibilità di monitorare i propri risultati sportivi. Oggi l'utilizzo di cronometri, contavasche ed i feedback di allenatori sono i metodi più utilizzati per monitorare i propri allenamenti, ma questo non è sempre un metodo obbiettivo. Gli atleti amatoriali sono interessati anche ad avere dati relativi all'esecuzione della tecnica, al tempo impiegato per percorrere certe distanze e alla frequenza cardiaca. Rilevante anche l'interesse verso il consumo delle calorie sia per gli atleti amatoriali che per quelli agonisti.

Rispetto al totale dei nuotatori amatoriali, solo il 44% di essi si allena in acque libere e di questi il 28% possiede uno smartwatch, e quindi gode le funzionalità del GPS. Si può dunque pensare di escludere questa funzionalità inizialmente, ed implementarla in un secondo aggiornamento del dispositivo.

01.5 Allenamento

L'allenamento viene definito come quella serie di pratiche o esercizi volti al miglioramento delle tecnica per migliorare le prestazioni e le qualità psico-fisiche dell'atleta. Esso viene diviso in diversi stimoli, fisici e mentali, eseguiti nel lungo periodo, partendo da esercizi generali fino ad arrivare a quelli più specifici. Idealmente un allenamento personalizzato sull'atleta, secondo le sue caratteristiche (età, sesso, altezza e peso), in grado di indicare

esercizi, attività ed obiettivi nel lungo periodo è la scelta migliore. Alcuni obiettivi da tenere in considerazione possono essere i seguenti:

1. Acquisizione e sviluppo dei fondamentali di una disciplina specifica
2. Sviluppo delle funzioni fisiologiche al fine di prevenire infortuni di vario genere
3. Sviluppo di capacità motorie speciali
4. Educazione a livello psicologico, in particolare le capacità volitive (ovvero quelle qualità che includono la forza di volontà, la capacità di superare le difficoltà per raggiungere obiettivi prefissati)
5. Capacità di realizzare in sintesi (nel nostro caso la capacità di nuotare) unica tutto ciò che viene acquisito con i singoli esercizi e/o allenamenti.

Per creare un allenamento bilanciato è necessario inoltre prevedere la distribuzione del carico, ovvero il rapporto tra carico, recupero ed adattamento. Sapere distinguere i diversi esercizi per impegno fisico e mentale diventa quindi fondamentale. Le caratteristiche che definiscono l'efficacia degli esercizi possono essere la quantità di stimoli presenti in ciascun allenamento, le specificità, l'intensità che influenza di conseguenza la durata e quantità degli esercizi ed infine la densità, ovvero la distribuzione degli esercizi e dei tempi di recupero nel tempo. Il carico di allenamento è quindi una sintesi dei suddetti punti sopracitati. Organizzando al meglio gli stimoli del carico, si perfeziona l'adattamento, la capacità dell'adattamento, di svolgere esercitazioni e task via via più complessi, migliorando fondamentali sempre più specifici.

In aggiunta a ciò, il carico può essere distinto in carico esterno e carico interno: il primo indica l'insieme delle caratteristiche oggettive che caratterizzano gli stimoli dell'allenamento mentre il secondo è la reazione dell'atleta nell'eseguirli. La continuità degli stimoli diventa quindi fondamentale per garantire l'efficacia dell'allenamento e per evitare che il nuotatore mantenga le condizioni acquisite (e che affronti con maggiori difficoltà nuovi percorsi di apprendimento).

Altro aspetto da tenere in considerazione è la progressività:

mantenendo un allenamento piatto si perde molto in termini di efficacia se l'allenamento non è sufficientemente intenso. Solitamente si tende ad aumentare prima la quantità, poi l'intensità con intervalli di recupero che evitano il progresso lineare. Questi sono i momenti in cui l'atleta professionista (ma anche amatoriale) deve adattarsi alla nuova fase dell'allenamento alzando il livello di difficoltà. La loro durata e regolarità dipendono ovviamente dalla frequenza e dall'intensità dell'allenamento svolto fino a quel momento.

Approfondiamo ora il concetto di multimaterialità dell'allenamento. Al fine di programmare un allenamento al meglio è indispensabile considerare le diverse capacità natatorie da allenare, tra cui quelle motorie, tecniche, tattiche, fisiche e psichiche. In un primo momento viene effettuato un adattamento generale per poi focalizzarsi sulle capacità specifiche. Senza l'adattamento generale, quello specifico risulterebbe impossibile.

Nella programmazione a lungo periodo dell'allenamento, la periodizzazione è indispensabile per il raggiungimento dei massimi obiettivi in vista di un evento importante: Suddividere la stagione sportiva in periodi più brevi permette di organizzare al meglio gli esercizi allenamenti variando i carichi e le frequenze degli step intermedi.

Inutile dire che la cura dell'aspetto psicologico e l'allenamento mentale di un atleta ricopre un ruolo fondamentale nel miglioramento delle prestazioni e nella resistenza dei carichi di lavoro. Per questo motivo l'allenatore ricopre un ruolo fondamentale nel comprendere i vari momenti, situazioni e le esigenze di ogni atleta, personalizzando a sua volta i loro allenamenti.

Come abbiamo visto la programmazione e la tipologia degli allenamenti sono quindi fondamentali per il raggiungimento di grandi traguardi sportivi. Gli allenamenti in piscina possono essere suddivisi in diverse tipologie. Procediamo ora con un'analisi approfondita di queste per avere una panoramica più chiara.

Allenamento di durata

All'interno di questa categoria possiamo distinguere gli

allenamenti a velocità costante senza momenti di recupero e sono volti allo sviluppo di capacità aerobiche. Si effettuano su distanze comprese tra gli 800 e i 2000 metri. Se invece sono presenti delle variazioni di ritmo parliamo di faritek, ovvero un tipo di allenamento che prevede variazioni di distanza e velocità da mantenere. In questo modo è possibile allenare sia meccanismi aerobici che anaerobici.

Allenamenti ad intervalli

Anche in questo caso distinguiamo allenamenti ad intervalli estensivi, utili a sviluppare la resistenza aerobica, su distanze comprese tra i 200 e gli 800 metri con un'andatura media, percorse per un periodo di tempo di almeno mezz'ora, ed allenamenti ad intervalli intensivi in cui vengono sviluppate le capacità aeree in regime di VO2max (ovvero il massimo consumo di ossigeno) su distanze inferiori, generalmente comprese tra i 50 e i 200 metri. La resistenza alla velocità invece viene allenata su distanze comprese tra i 25 ed i 100 metri con tempi di recupero incompleti.

Allenamenti con ripetizione

Questa tipologia di allenamento è funzionale allo sviluppo della velocità mantenendo una buona tecnica di nuoto. Solitamente questi esercizi vengono effettuati su distanze massime di 75 metri.

Allenamento tipo gara

Si focalizzano sui fattori e sui fondamenti indispensabili alla prestazione durante gli eventi sportivi. Sono solitamente organizzati sulle distanze che andranno poi riefettuate in gara o frazionando questa distanza in intervalli più piccoli intercorsi da pause molto brevi.

Abbiamo parlato fino ad'ora di allenamenti aereobici e allenamenti anaerobici, ma qual è la differenza?

Il lavoro aereobico è quel tipo di allenamento in cui l'energia viene prodotta attraverso processi biologici che sfruttano l'ossigeno per la combustione dei principi nutritivi. Per poter essere praticato al meglio, questo allenamento deve essere caratterizzata da un'intensità non troppo elevata ma prolungata nel tempo (almeno 20 minuti). In questo modo i grassi, che forniscono la maggior quantità di calorie per grammo, possono essere utilizzati

ETÀ	FC MAX	90% (MASSIMALE)	80% (ANAEROBICO)	70% (AEROBICO)	60% (DIMAGRIMENTO)
15	205	185	164	144	123
20	200	180	160	140	120
25	195	176	156	137	117
30	190	171	152	133	114
35	185	167	148	130	111
40	180	162	144	126	108
45	175	158	140	123	105
50	170	153	136	119	102
55	165	149	132	116	99
60	160	144	128	112	96
65	155	140	124	109	93
70	150	135	120	105	90
75	145	131	116	102	87
80	140	126	112	98	84
85	135	122	108	95	81
90	130	117	104	91	78
95	125	113	100	88	75
100	120	108	96	84	72

1.5.1 Tabella che riporta i valori della frequenza cardiaca, per fascia d'età, per ciascuna tipologia di allenamento

come combustibile per le reazioni muscolari. I benefici che ne conseguono sono quindi il dimagrimento, il miglioramento del tono muscolare oltre a benefici di carattere cardiovascolare e respiratorio. Gli allenamenti aerobici sono quindi divisi in esercizi di capacità aerobica, ovvero la capacità che permette all'atleta di mantenere un'andatura in campo aerobico il più a lungo possibile ed una frequenza cardiaca tra i 120 e i 150 battiti al minuto, e gli esercizi di potenza aerobica, ovvero allenamenti eseguiti con il consumo massimo di ossigeno, senza l'attivazione del sistema latticidico, con un'andatura incrementale rispetto ai precedenti e con un battito cardiaco compreso tra i 160 ed i 180 bpm.

Il lavoro anaerobico, invece, è quella serie di esercizi in cui l'energia viene prodotta in assenza di ossigeno. Questi sono caratterizzati da un'elevata intensità e dall'attivazione di zuccheri presenti nel sangue e nei muscoli. L'acido lattico viene smaltito difficilmente dall'atleta e la conseguenza è un forte senso di

affaticamento. Questa tipologia di esercizi hanno un notevole impatto sulla velocità di contrazione muscolare e sulla forza, con la diretta conseguenza in un aumento della massa e del tono muscolare. Ovviamente le distanze per questa tipologia di allenamento sono inferiori agli allenamenti aerobici. Per ottenere i migliori risultati sportivi, gli allenatori devono prevedere entrambe le tipologie di esercizi, adattando ogni allenamento in base all'atleta e alle competizioni in cui deve competere.

Come convenzione esiste un codice comunicativo che definisce le diverse tipologie di allenamento. Per indicare gli allenamenti ed esercizi di capacità aerobica si utilizzano le sigle A1 (intensità blande) e A2 per le intensità inferiori alla soglia anaerobica. Per gli allenamenti di potenza aerobica usiamo B1 per l'intensità paragonabile alla soglia anaerobica e B2 per le intensità vicine al consumo massimo di ossigeno. Gli allenamenti anaerobici vengono invece descritti con C1 per indicare la tolleranza al lattato, C2 per il picco di lattato e C3 per gli esercizi di velocità. Infine la lettera D viene utilizzata per indicare l'andatura a ritmo di gara.

Nel caso di un allenamento professionistico, per verificare l'intensità dello sforzo muscolare dell'atleta, viene verificata la concentrazione di lattato tramite il prelievo di una goccia di sangue, solitamente dal lobo dell'orecchio o dal dito. In questo modo la potenza meccanica e la frequenza cardiaca alla quale si raggiunge la soglia anaerobica è facilmente individuabile. In questo modo, la programmazione dell'allenamento risulterà più semplice.

Per atleti con un'età compresa tra i 35 ed i 40 anni è più importante praticare esercizi aerobici. Per questa tipologia di atleti, l'ideale sarebbe organizzare 3 sedute di allenamenti a settimana da 40 minuti ciascuno. Ciascun allenamento dovrebbe essere suddiviso in questo modo:

1. Periodo di riscaldamento: serve per attivare il corpo, prevede l'esecuzione di lavori di intensità crescente partendo con una velocità bassa. La durata di questo periodo dura tra i 5 ed i 10 minuti.

2. Periodo di adattamento: è il momento centrale dell'allenamento è costituito da lavori di tipo aerobico o anaerobico a seconda del

tipo di allenamento che si vuole svolgere. Questa fase dura dai 20 ai 30 minuti.

3. Periodo di defaticamento: questa fase serve per riportare l'organismo in una condizione normale, prevede l'esecuzione di lavori di intensità decrescente. Come la prima fase, anche questa dura tra i 5 ed i 10 minuti.

02. I dispositivi wearable

02.1 Introduzione

I dispositivi wearable sono quei dispositivi indossabili dagli atleti in grado di rilevare ed analizzare dati sulla prestazione sportiva tramite una serie di sensori integrati negli strumenti tecnologici costruiti in essi presenti nei dispositivi. Questi dispositivi risultano indubbiamente vantaggiosi nel monitoraggio delle prestazioni sportive e sono in grado di restituire feedback in tempo reale ad atleti ed allenatori. I dispositivi wearable hanno il compito finale dunque di aumentare l'esperienza dell'utente: tramite la raccolta e l'analisi dei dati attraverso sensori biometrici, sistemi di posizionamento e sensori di movimento, i dispositivi wearable riescono a restituire agli utenti coinvolti dei feedback in tempo reale riguardo alla loro performance sportiva. Questi strumenti

tecnologici di supporto utilizzati da sportivi ed allenatori hanno permesso una raccolta dati e un criterio di analisi molto più oggettivo, rapido (anche in tempo reale) e preciso di ciò che potrebbe fare un uomo con i suoi soli sensi. Ma, come è facile intuire, le tecnologie più interessanti rimangono dei prodotti di nicchia per i professionisti del settore.

La crescita degli ultimi anni di questa nicchia di mercato è stata esponenziale, ma i margini di miglioramento dello sviluppo tecnologico sono ancora ampi: il compito dell'industria, che sta rivolgendo sempre più interesse verso questo settore, è quello di rendere questa tipologia di prodotti anche agli sportivi amatoriali e non escluderla solo per i professionisti.

02.2 Classificazione dei dispositivi wearable

I dispositivi wearable possono essere categorizzati in due macrocategorie: i garment based wearable device e gli accessori based wearable device, usati insieme a veri e propri strumenti da laboratorio che non vengono propriamente considerati dispositivi wearable.

Garment-based wearable

I garment-based wearable device si presentano con un aspetto simile ad un indumento classico, con la differenza che al suo interno sono progettati alcuni alloggiamenti per il posizionamento di sensori e unità di elaborazione dati. I parametri raccolti e le funzioni possibili sono svariate, e vanno dall'analisi di movimento fino all'elaborazione di indici di allenamento, e dipendono fortemente dalla posizione in cui gli stessi sensori vengono collocati. Le parti del corpo solitamente utilizzate sono le regioni comprese tra il collo e la testa, sul busto, nella zona delle braccia, mani, gambe e piedi. Questi dispositivi risultano essere quelli più soggetti ad un'innovazione futura, considerando in particolare che si basano la maggior parte delle volte su tessuti sensorizzati, fibre conduttive e tatuaggi elettronici.

Accessori-based wearable

Sono gli strumenti di supporto più complessi da classificare poiché non presentano elementi distintivi dal punto di vista formale. Sono dispositivi autonomi che registrano movimenti e

processi fisiologici. Possono essere posizionati ovunque sul corpo e i soli vincoli riguardano le dimensioni ed il peso, limitati dalla regione di posizionamento del dispositivo. Possiamo comunque dire che le collocazioni più diffuse sono tra il collo e la testa o nelle regioni prossime agli arti superiori ed inferiori.

Elementi distintivi

Come abbiamo visto, i dispositivi wearable sono numerosi e si distinguono per la loro funzione. Nel corso degli anni sono state sviluppate soluzioni che si adattano a numerosi contesti e campi d'applicazione. Si distinguono dispositivi monofunzionali o con funzioni multiple; per tipologia, con dispositivi che necessitano di alimentazione per funzionare e quelli passivi che funzionano senza alimentazione (come i sensori di temperatura); per modalità d'applicazione tra quelli invasivi, distinti a loro volta in invasivi ed impiantabili, e quelli integrati che possono essere a contatto o meno con il corpo (quelli non a contatto possono essere utilizzati per il monitoraggio dell'ambiente circostante). I wearable device possono essere con fili o wireless: nel primo caso i dati vengono trasferiti tramite cablaggio tra il dispositivo indossabile e l'unità di monitoraggio, mentre nel secondo caso il trasferimento avviene in modo wireless. I sensori volti alla raccolta dati possono essere a loro volta in monouso e riutilizzabili. Come ultimo parametro di classificazione possiamo considerare i contesti d'uso: i dispositivi possono essere utilizzati in diversi contesti con diverse funzionalità ma questo non li esclude a vicenda.

02.3 La tecnologia dei dispositivi wearable

Come abbiamo detto, i dispositivi wearable sono strumenti in grado di raccogliere ed analizzare i dati relativi alla prestazione sportiva degli atleti. Per fare ciò, all'interno di questi strumenti vengono introdotti sensori quali biometrici, di posizionamento, di movimento e tanti altri. Vediamo ora nel dettaglio quale tecnologia vengono implementate in questi dispositivi indossabili.

Sensoristica

Questi dispositivi sono caratterizzati dalla presenza di numerosi sensori, classificabili in base alla loro funzione. Tra i principali citiamo gli accelerometri, i giroscopi, i magnetometri, unità di

misurazione inerziali, contapassi e cardiofrequenzimetri. Uno degli aspetti che però gli accomuna riguarda la necessità di garantire precisione e validità dei dati acquisiti (per avvicinarsi il più possibile all'oggettività dei feedback), durabilità nel tempo ed efficienza energetica.

Gli elementi fondamentali dei dispositivi wearable sono il microcontrollore, i sensori, i trasmettitori, le batterie e i relativi sistemi di visualizzazione. È intuitivo come le potenzialità di questi dispositivi siano in stretta relazione con la qualità dei suoi componenti. I parametri che essi sono in grado di analizzare sono tutti i dati relativi al movimento, ovvero velocità, accelerazione, segnali fisici come la frequenza cardiaca, l'elettrocardiogramma, la frequenza respiratoria, la temperatura corporea, la pressione sanguigna, i livelli di idratazione o i segnali fisici quali i livelli di stress, l'attività cerebrale ed altri ancora.

Il microcontrollore è l'elemento chiave che garantisce il corretto funzionamento del dispositivo: permette la comunicazione tra i vari sensori, l'elaborazione di dati e la possibilità di fornire un output su un display. La memoria di cui è dotato si distingue in memoria ad accesso casuale (RAM), memoria di sola lettura (ROM) e memoria flash dove i dati sono programmati per la memorizzazione. È dotato di porte input ed output per comunicare con le diverse periferiche (sensori, display,...). La sua versatilità è ciò che gli consente di ottimizzare le esigenze dei progettisti di dispositivi wearable.

I sensori possono essere raggruppati in due macrocategorie in base alle funzioni svolte dal sensore: i sensori di movimento ed i sensori fisiologici.

I sensori di movimento

In questa categoria rientrano tutti quei sensori che servono a monitorare parametri come la velocità, la posizione, l'accelerazione. Approfondiamo ora qualcuno di questi sensori.

Il contapassi

Il contapassi è uno strumento applicato sulle braccia o sulle gambe e, attraverso una variazione di accelerazione verticale, è in grado di rilevare il numero di passi effettuati, ma non è molto

preciso ed affidabile (motivo per cui viene usato per scopi clinici e non competitivi).

Accelerometro

L'accelerometro misura l'accelerazione lungo tre assi. E' composto da un dispositivo meccanico di movimento ed un microchip per l'interpretazione di tale movimento. Permette di monitorare il dispendio energetico, la postura, il controllo dell'equilibrio e, nel nuoto, l'analisi della meccanica del movimento.

Giroscopio

E' uno strumento che ha la capacità di analizzare le accelerazioni angolari ed è utilizzato per capire l'orientamento del dispositivo mentre è in utilizzo.

IMU

L'IMU, acronimo di Inertial Measurement Unit, è un sistema basato su accelerometri, giroscopi e magnetometri, che consentono di monitorare la dinamica di un corpo.

GPS

Il GPS, acronimo di Global Positioning Satellite, offre la possibilità di avere dati di posizione che permettono il calcolo delle distanze, velocità ed andatura media. Questo sensore è utilizzato prevalentemente in acque aperte perché sfrutta i satelliti per la raccolta di questi dati.

I sensori biomedici

ECG

Il sensore di frequenza cardiaca (ECG) rileva la frequenza e la variabilità della stessa tramite elettrodi o dispositivi ottici. Viene utilizzato in ambito sportivo per monitorare l'intensità dell'allenamento e lo sforzo fisico dell'atleta.

Sensore di temperatura

Sul mercato sono disponibili diversi modelli in grado di rilevare la temperatura dermica o modelli ingeribili in grado di valutare la reale temperatura corporea. Questo parametro viene utilizzato per lo più per monitorare l'intensità dello stato di stress e la vascolarizzazione cutanea.

Sensore di pressione

Esso permette di misurare la forza propulsiva degli arti (superiori ed inferiori).

Pulsossimetro

E' un sensore in grado di analizzare la frequenza cardiaca in modo meno intrusivo dei sistemi che usano gli elettrodi. Per questo motivo è considerata vantaggiosa per quegli atleti che lo devono usare per periodi prolungati.

Strumenti di flessione

E' uno strumento in grado di tracciare il movimento articolare attraverso le variazioni di resistenza quando viene applicata o esercitata una forza.

Innovazione dei materiali

Negli ultimi anni abbiamo assistito ad un'esplosione del settore dei wearable devices, sotto forma di dispositivi, attrezzatura sportiva ed abbigliamento. Ciò che li accomuna è il fatto che essi non si limitano esclusivamente ad una raccolta dati, ma sono stati progettati per l'uomo e per contesti di utilizzo diversificati. La miniaturizzazione, i progressi tecnologici dei sensori, la potenza di calcolo che aumenta giorno dopo giorno, la connettività sempre migliore e la ricerca in ambito tessile sono solo alcuni degli ambiti di innovazione che stanno determinando la diffusione dei dispositivi indossabili. Questi sono i motivi che guidano la ricerca di innovazione dell'industria in questo settore. In particolare il tema degli e-textiles ha attirato molto l'attenzione: questi tessuti integrano circuiti capacitivi, resistivi ed ottici in grado di rilevare diversi parametri oppure sono costruiti con nano-fibre in grado di raccogliere, analizzare e trasmettere dati. Un esempio sono i tessuti intrecciati con fibre d'argento, che integrano biosensori per il monitoraggio di temperatura, livelli di stress, frequenza cardiaca e respirazione. Il tema della lavabilità è un altro degli aspetti che sta guidando la ricerca innovativa dell'industria tessile: garantire l'impermeabilità di tutti i componenti è diventato un requisito fondamentale. Ad oggi, per risolvere questa problematica si utilizzano batterie rimovibili ma studi recenti dell'università RMIT di Melbourne affermano che sarà possibile produrre dispositivi di stoccaggio di energia in grafene impermeabile, estensibile e con

consumo energetico ridotto in pochi minuti con tecnologia laser.

Circuiti stampati

Parallelamente all'innovazione dell'industria tessile, la ricerca si concentra sullo sviluppo di circuiti elettronici flessibili in grado di trasportare corrente e quindi di trasmettere dati rilevati. Oggi esistono circuiti flessibili costituiti dall'integrazioni di fili conduttivi, dall'applicazione di tessuto mediante calore di circuiti e tramite la stampa a getto d'inchiostro sul tessuto a base di grafene.

Miniaturizzazione

Altra tematica rilevante in questo sviluppo tecnologico è sicuramente la miniaturizzazione dell'hardware, dei sensori e tante altre componenti elettroniche. Questo interesse è guidato dalla necessità di sviluppare sensori con un consumo ridotto di energia vista l'esigenza di utilizzare batterie di piccole dimensioni. Ulteriore spinta verso la miniaturizzazione è stata la convergenza tecnologica che coinvolge numerosi dispositivi elettronici, i quali presentano componenti uguali o molto simili tra loro. Ciò ha favorito un'economia di scala i cui i prodotti vengono personalizzati nelle fasi finali di perfezionamento del prodotto e dal consumatore stesso.

Raccolta dati

Uno degli elementi più importanti legato alla diffusione dei dispositivi wearable è rappresentato dal mondo dei dati, che, pur essendo intangibile, ricopre un ruolo fondamentale nella società moderna. Tuttavia, con l'affermarsi di questa tipologia di dispositivi, è accresciuta anche la preoccupazione degli utenti riguardo il trattamento dei propri dati, della sicurezza e della privacy. Per questo motivo, ogni qualvolta si voglia intraprendere un percorso progettuale in questo ambito, è fondamentale tenere conto di questo tema e pianificare il flusso delle informazioni al fine di tutelare i clienti. La crescita dell'importanza della privacy unita all'innovazione tecnologica porterà inevitabilmente i dispositivi indossabili ad integrarsi ad oggetti comuni quali i vestiti. In futuro è dunque probabile che questi vengano sostituiti con tautaggi elettronici, patch flessibili e sensori impiantati.

I dispositivi wearable raccolgono, analizzano e restituiscono feedback di numerosi dati in tempo reale. La finalità per

cui vengono raccolte queste informazioni è un termine di classificazione di questi dispositivi.

Nel corso degli anni sono stati sviluppati numerosi software di analisi delle prestazioni in grado di analizzare la tecnica degli atleti e di raccogliere dati utili per monitorare i progressi degli allenamenti, sia da un punto di vista sportivo che focalizzate sul metabolismo, analizzando le calorie consumate o la registrazione degli sforzi. È importante però evidenziare come questa raccolta di informazione non disturbi l'atleta. In che senso? Nel caso venissero comunicate un elevato numero di informazioni agli atleti in un breve lasso di tempo, è possibile rallentare l'apprendimento e il miglioramento della tecnica, trovandosi a tutti gli effetti di fronte ad una "paralisi per analisi". Una soluzione per ovviare questo problema può essere una condivisione parziale dei dati con l'atleta ed una condivisione completa con l'allenatore che, grazie alla sua esperienza, sarà in grado di leggere ed analizzare meglio i dati e sarà anche in grado di selezionarli per poi comunicare ai propri atleti eventuali suggerimenti. Insomma, quando si tratta di raccolta dati sportivi relativi alle prestazioni, è importante saperli comunicare nella giusta maniera.

Esistono anche strumenti, o singole funzioni dei dispositivi wearable, che hanno il compito di raccogliere dati relativi alle funzioni vitali, come il battito cardiaco, ed eventualmente prevedere infortuni o incidenti in acqua.

Altri, invece, adottano un approccio riconducibile al gamification. Introducendo obiettivi e sfide personali sempre nuove, questi strumenti si pongono come obiettivo quello di invogliare le persone a svolgere regolarmente gli allenamenti ponendogli obiettivi e sfide sempre nuove. Infine ci sono strumenti tecnologici che hanno come unico obiettivo quello di rendere più piacevole e divertente l'attività sportiva: pensiamo alle action cam che permettono ai nuotatori amatoriali di registrare video e scattare foto durante le loro nuotate, specialmente in acque aperte, o agli auricolari / radio subacquee che permettono agli atleti di ascoltare la propria musica preferita.

02.4 Design for wearability

Come abbiamo descritto precedentemente, con "dispositivi wearable" intendiamo quei dispositivi elettrici o meccanici

che vengono indossati sul corpo umano o tramite l'utilizzo di cinghie o imbracature o installati direttamente nei capi di abbigliamento. Questi dispositivi hanno il compito finale di aumentare l'esperienza dell'utente durante l'esercizio fisico. "Design for wearability" è la base della progettazione di un dispositivo indossabile e consente di disegnare un prodotto facile da usare, versatile, comodo e che renda la tecnologia al suo interno utile e funzionale. Un approccio user-oriented è dunque richiesto al designer il quale dovrà lavorare su aspetti psicologici e sociali. Durante la progettazione, dovremo considerare la vestibilità, ovvero l'interazione tra il corpo umano e l'oggetto indossato, e la vestibilità dinamica che considera anche il movimento del corpo. Tra i numerosi studi fatti in tema di vestibilità, uno dei più noti e affermati è Design for wearability * sviluppato presso l'Institute for Complex Engineered Systems della Carnegie Mellon University, il quale approfondisce alcune delle più importanti tematiche affrontate durante il processo di progettazione che possono influenzare la compatibilità di un dispositivo indossabile. In particolare, lo studio analizza il corpo umano, la sua fisiologia, la sua biomeccanica, il suo carattere dinamico, e la relazione che si viene a creare con il prodotto, la quale può avere impatti rilevanti su aspetti fisiologici e psicologici per l'utente. Il corpo umano è caratterizzato da forme morbide ed organiche ed è unico per ogni individuo. Lo studio dell'ergonomia darà al designer gli strumenti necessari per comprendere le misure antropometriche, gli equilibri tra le parti del corpo e la percezione di elementi estranei da parte del cervello e le variazioni della prestazione che ne consegue. Il prodotto deve essere standard ma in un certo senso costruito "su misura di ogni corpo umano": deve adattarsi all'anatomia umana ed accompagnare il movimento, non ostacolarlo. Il principio che la forma segue la funzione è qui più valido che mai. Il designer deve inoltre considerare l'influenza dell'uso prolungato del dispositivo sul corpo umano. Il team di progetto deve apprendere nozioni tessili, ingegneristiche, sociali per poter comprendere al meglio l'ambito di progettazione. Infine, per evitare di creare un prodotto con obsolescenza rapida bisogna progettare un dispositivo wearable consone alla vita quotidiana. La ricerca del design sulla versatilità di funzionamento, all'adattabilità del corpo umano e alla percezione dell'utilità dei dati rilevati, consentono di ridurre la sensazione di disagio

e alienazione nell'indossarlo. Lo studio delinea delle linee guida che hanno lo scopo di guidare il progettista nella progettazione di dispositivi indossabili con una vestibilità che mette a proprio agio e non disturba l'utente, le quali sono di seguito elencate dalla più semplice alla più complessa.

Posizionamento

Il posizionamento dei componenti e dei sensori che compongono i sistemi indossabili deve essere studiato in modo che risulti il meno invasivo possibile e che non ostacoli il movimento. Questa operazione può evvelarsi dell'ausilio di ergonomia ed anatomia, che consentono di comprendere le misure antropometriche e gli equilibri tra le varie parti del corpo umano. Il posizionamento dipende anche dalle funzioni e dalle interazioni necessarie, in generale è consigliato il posizionamento di componenti in zone caratterizzate da bassa mobilità ed ampia superficie, preferendo quelle che prestano dimensioni simili tra individuate. Le aree ritenute ottimali per il posizionamento dei dispositivi wearable sono la zona del collo, la parte posteriore della sezione superiore del braccio, l'avambraccio, la parte posteriore, laterale ed anteriore della cassa toracica, la vita, i fianchi, la coscia, lo stinco e la parte superiore del piede.

Linguaggio Formale

Le forme da preferire nella progettazione devono rispecchiare le richieste degli ambiti d'utilizzo dei dispositivi, per questo sono generalmente utilizzate forme affusolate ed aderenti al corpo, che si fondano con la sua dinamica. Generalmente vengono impiegate superfici concave nelle zone di contatto con il corpo, mentre superfici convesse per le scocce esterne, evitando forme ortogonali. Ulteriori accorgimenti che contribuiscono ad integrare il volume aggiuntivo del corpo sono la rastrematura e il raccordo degli spigoli per ottenere volumi morbidi e leggeri, oltre ai limiti imposti dai componenti elettronici. Rispetto a questo aspetto, l'Institute for Complex Engineered System ha sviluppato un set di forme indossabili tridimensionali appropriate per le zone individuate, utili per testare il livello di comfort e la libertà di movimento. La caratteristica comune di queste forme è la conformazione organica e non regolata, che si integra perfettamente con il corpo e soprattutto con il movimento.

Dinamica del corpo umano

La progettazione non può inoltre non prendere in considerazione un fattore importante come il dinamismo del corpo umano, il cui movimento rappresenta allo stesso tempo un vincolo ed una possibilità per la progettazione. Sulla base dei movimenti che non devono essere ostacolati è possibile determinare i profili delle forme idonee per i dispositivi indossabili. A seconda dell'area di interesse, è necessario considerare i vari elementi che compongono ogni singolo movimento della parte interessanti, come la meccanica delle articolazioni, la flessione e l'estensione di muscoli e tendini sotto la pelle e lo spostamento dei tessuti. La strumentazione necessita di rimanere fissa in posizione ed i sensori non devono perdere il contatto con la pelle per mantenere il corretto rilevamento dei parametri, ma questo può essere un problema a causa del movimento della pelle. Questo limite può però essere aggirato prendendo in esame le linee Langer, o linee di estensione della pelle, individuate in uno studio sulla mobilità del corpo condotto presso il MIT (Massachusetts Institute of Technology), che identificano la direzione lungo la quale la pelle risulta aver minor flessibilità, perciò lo spostamento di eventuali sensori risulta essere minimo o nullo.

Prossimica e dimensionamento

La prossimica enuncia che il cervello umano tende a percepire un'area intorno al corpo all'intero del quale i corpi estranei vengono percepiti come parte integrante del corpo. Nella progettazione di dispositivi indossabili è quindi buona norma tenere conto di questa dimensione, che si estende per circa 12 centimetri, considerandola come limite massimo per la loro estensione. Per questo motivo si cerca sempre di ridurre al minimo lo spessore dei dispositivi per aumentarne il senso di comfort, sia fisico che percettivo, anche se in molti casi è necessario scendere ad un compromesso tra questo limite e la funzionalità.

Fissaggio

Per assicurare un fissaggio dei dispositivi al corpo stabile e confortevole, si può optare per l'utilizzo dei tessuti elasticizzanti in grado di garantire il massimo contatto tra tessuto e pelle senza causare eccessiva compressione, oppure utilizzare

sistemi di fissaggio come clip e bretelle. Per garantire il massimo comfort possibile, è necessario che in entrambi i casi i sistemi debbano essere predisposti affinché si possano adattare a utenti di differenti corporature. A partire da dati antropometrici, è possibile realizzare sistemi regolabili, ottenuti mediante l'accoppiamento di aree rigide con aree flessibili e cinghie, o mediante tagli standard e tipiche del settore dell'abbigliamento.

Componenti

Una delle caratteristiche che accomuna i differenti dispositivi indossabili è la presenza di componenti elettronici in grado di garantire sull'effettiva funzionalità. Questi possono essere di vario genere, solidi o flessibili, di forma regolare o irregolare, ma in ogni caso hanno un impatto sul design e sull'aspetto estetico.

Peso

Inoltre, i componenti elettronici, assieme alle scocche e a tutto ciò che è contenuto al loro interno, hanno un impatto sul peso del dispositivo, che può influire sul movimento e sull'equilibrio del corpo. È quindi importante, oltre a curare gli aspetti funzionali del dispositivo, accertarsi di operare una corretta distribuzione dei pesi, cercando di collocare le masse più importanti vicino al centro di gravità e minimizzandone la presenza sugli arti.

Accessibilità ed interazione sensoriale

Per quanto riguarda la fruibilità, l'interazione deve essere pensata per rendere il dispositivo facilmente utilizzabile; per raggiungere questo scopo è possibile fare affidamento sulle ricerche negli ambiti dell'apprendimento visivo, tattile, uditivo o cinestetico. L'interazione, che può essere attiva o passiva, deve essere semplice ed intuitiva, e quando possibile ridotta al minimo.

Temperatura

Per garantire il massimo comfort all'utente, i dispositivi non dovrebbero creare, concentrare o trattenere il calore sul corpo; tale risultato può essere percepito conseguito mediante un'attenta selezione sia dei componenti elettronici che dei materiali, che devono variare a seconda della funzione che svolgono e dell'ambiente in cui il dispositivo viene utilizzato.

Estetica

Visto che alcuni di questi dispositivi vengono indossati per molto tempo è importante lavorare sull'estetica del prodotto, che svolge un ruolo fondamentale nel processo di comunicazione della funzione e del meccanismo di accettazione del prodotto stesso. Per la selezione di forme, materiali, texture e colori è consigliabile prendere spunto dalla cultura del contesto d'utilizzo di riferimento, per favorire l'interazione con l'utente e l'integrazione nell'ambiente in cui opera.

Uso a lungo termine

Infine, un tema che ha iniziato solamente negli ultimi anni ad emergere, è quello degli effetti dei dispositivi elettronici sul corpo umano. L'uso prolungato dei dispositivi indossabili richiede importanti test sugli effetti dei dispositivi elettronici sul corpo umano. Uno degli indicatori di maggior importanza per i dispositivi elettronici è il S.A.R.*, ma non mancano considerazioni sugli effetti che provoca indossare un dispositivo per lungo tempo dal punto di vista fisico.

Visto che stiamo progettando un prodotto nell'ambito del nuoto, dovremo indagare lo studio di forma idrodinamiche in grado di fondersi con il corpo umano, proseguendo poi con la ricerca del posizionamento ottimale per generare il minor attrito e non ostacolare i movimenti. Considerando questo aspetto, risulta subito evidente come le parti del corpo maggiormente interessate da problematiche siano gli arti superiori, responsabili della gran parte della forza propulsiva, e gli arti inferiori, anch'essi interessati da un modesto movimento; zone peraltro soggette a maggiori turbolenze che potrebbero portare ad un distacco del dispositivo. Da escludere è anche il tratto addominale, che è soggetto, a seconda dello stile in cui si sta nuotando, alla contrazione dovuta alla rotazione in avanti del corpo durante le fasi di virata o ai movimenti di torsione che verrebbero ostacolati dalla presenza di elementi in questa zona. Rimane dunque la zona del torace, che è la porzione del corpo che rimane maggiormente ferma durante l'attività fisica, in particolare la parte lombare lungo la schiena e sul collo. Certamente queste linee guida non coprono tutti gli ambiti che ci si trova ad affrontare nel corso della progettazione di un dispositivo indossabile, ma sono una buona base per pianificare

un percorso di progettazione che non tralasci le tematiche più importanti.

Come anticipato precedentemente, non è possibile pensare di progettare in sistema indossabile prendendo in considerazione solamente l'aspetto fisico, il design for wearability comprende anche lo studio delle conseguenze cognitive e psicologiche che tali dispositivi hanno sull'utente. È fondamentale comprendere se il dispositivo non sia fonte di disagio, preoccupazioni o stress per l'utente, e quindi che sia effettivamente uno strumento che mira al miglioramento della qualità della vita. L'insieme di queste valutazioni può essere definito come lo studio del grado di accettabilità di un prodotto.

In questo contesto risulta determinante l'apporto di una delle linee guida presentate in precedenza, in particolare rispetto alla prossemica. Come detto in precedenza, al fine di minimizzare l'impatto psicologico che un sistema indossabile ha sull'utente, è utile prendere in considerazione un'aurea immaginaria intorno al corpo all'interno della quale il cervello percepisce gli elementi come una parte integrante del corpo stesso. Se il dispositivo è posizionato nei limiti di questo volume intimo, ad ogni modo il suo spessore è limitato, viene perciò percepito come non intrusivo a livello fisico ma anche psicologico. Un quadro di riferimento per questo scopo è stato fornito dai ricercatori della "Faculty of Engineering Science della University of Agder di Grimstad, in Norvegia, che hanno formulato il Sensor Acceptance Model che permette di determinare il livello di accettazione da parte dell'utente di dispositivi indossabili nella vita di tutti i giorni. Il modello consente, attraverso dei questionari, di elaborare un indice di accettabilità, SAI (Sensor Acceptance Index), che fornisce il grado di soddisfazione dell'utente, su una scala da 0 a 11, attraverso l'analisi delle dimensioni effettive che influenzano l'accettazione percepita dal paziente. Il modello prevede dei questionari Q1 e Q2, dei quali Q1 deve essere compilato all'avvio degli studi clinici, mentre Q2 dopo l'utilizzo del dispositivo da valutare, i quali contengono le sei dimensioni che influenzano la percezione. Di seguito vengono presentati i due questionari.

- Q1: fornisce caratteristiche e le informazioni precliniche

dell'utente; prende inoltre in considerazione anche il grado di motivazione della persona e le aspettative che possono influire sul livello di accettabilità.

-Q2: fornisce il livello di comfort percepito dopo il periodo di prova con il sistema di sensori. Il questionario focalizza l'attenzione sulla libertà di movimento e sulla facilità di svolgere gli impegni quotidiani e l'attività fisica, sugli aspetti igienici, sulle eventuali reazioni della pelle dopo il contatto prolungato con il dispositivo, sul livello di stress e sul rapporto generale con la strumentazione. Graficamente, le linee tratteggiate indicano un'influenza significativa sulle dimensioni, mentre quelle continue un'influenza diretta.

Nel contesto sportivo, per raggiungere l'obiettivo di progettare dispositivi wearable che risultino accettabili e funzionali per gli atleti, è importante guardare soprattutto a parametri come l'affordance*, l'affidabilità, l'estetica e l'interazione. L'affordance, come specificato nella sua stessa definizione, fa riferimento alle caratteristiche già comprese nella teoria del design for wearability, l'affidabilità può essere garantita da un'attenta fase di progettazione e selezione di componenti, per garantire la validità dei dati registrati e un funzionamento sicuro, mentre per l'estetica è necessario analizzare a fondo il quadro di riferimento per definire una serie di elementi caratteristici secondo i quali orientare lo sviluppo. Per quanto riguarda l'interazione, nel caso di un dispositivo destinato all'utilizzo in acqua è importante comprendere quali siano le caratteristiche di cui l'interfaccia del dispositivo deve essere dotata. Questa deve essere in grado di garantire l'accessibilità di tutte le funzioni in qualsiasi condizione di utilizzo. Parametri quali forma e materiali possono influenzare la completa accessibilità delle funzioni del dispositivo, oltre che incentivare il costante utilizzo di quest'ultimo. Lo studio dell'interazione è fondamentale, affinché possa essere, oltre che semplice ed intuitiva, anche ridotta al minimo, in modo tale che l'atleta possa rimanere concentrato sull'esercizio fisico che sta svolgendo, per questo un'interfaccia che presenta pochi comandi e chiari è da preferire. I comandi presenti sul dispositivo dovranno suggerire all'utente il tipo di interazione necessaria, facendo leva su forme e simboli già noti all'utente, e il risultato che sarà ottenuto.

Seguendo i principi dell'interface design, i comandi dovranno essere posizionati in una zona facilmente accessibile anche durante l'attività, presentando se possibile la possibilità di integrare comandi vocali.

Infine, è necessario che il feedback del dispositivo sia diretto e di facile interpretazione, assicurandosi che non vada a sovraccaricare l'utente con le informazioni non necessarie o ridondanti. Per quanto riguarda l'output, è preferibile un approccio che faccia uso di numeri, simboli, suoni, luci e colori, facilmente comprensibili e che fornisca ulteriori dati e grafici elaborati mediante app per smartphone o software PC.

03 ANALISI DI MERCATO

03.1 Introduzione

Lo sport, a prescindere da quale esso sia, può avere delle sfumature differenti a seconda che lo si pratichi a livello agonistico o amatoriale. I nuotatori amatoriali si distinguono a loro volta in atleti che praticano un sport per mantenersi in forma e atleti che praticano uno sport per puro piacere. Tuttavia, è possibile affermare che ciò che accomuna queste tre categorie di atleti riguarda l'importanza del monitoraggio delle prestazioni sportive, confermato anche dalle interviste effettuate agli atleti stessi: per i professionisti è importante il monitoraggio per ottenere i migliori risultati possibili nelle competizioni ufficiali mentre per i nuotatori amatoriali è importante avere informazioni e suggerimenti su

come migliorare la propria tecnica.

Ad oggi molti di questi atleti, in particolare quegli agonisti, si affidano a degli allenatori che, grazie alle loro conoscenze, alla loro esperienza e alla loro capacità di comprendere le situazioni, possono dare consigli, suggerimenti e spunti ai propri atleti su come migliorare. Però il parere di questi allenatori (che non sono neanche così comuni per i nuotatori amatoriali) non è sempre oggettivo.

Questa considerazione è molto importante ed introduce il tema dello sviluppo tecnologico che restituisce agli atleti l'oggettività che è sempre mancata nel passato. Ovviamente nel caso di nuotatori professionisti la tecnologia ha lo scopo di affinare la tecnica e migliorare i risultati sportivi anche di pochi centesimi di secondo; al contrario, per i nuotatori amatoriali, la tecnologia rappresenta da una parte uno strumento in grado di supportare gli atleti durante l'allenamento, dall'altro può essere uno strumento in grado di rendere la sessione di nuotata più coinvolgente e meno monotona.

L'affermarsi delle competizioni sportive moderne, considerate tali a partire dalle Olimpiadi del 1986 tenutesi ad Atene, ha spinto le industrie del settore sportivo ad innovare sempre più con l'introduzione di tecnologie moderne e nuovi materiali. I primi temi che queste industrie affrontarono riguardavano la misurazione dei tempi e lo studio della reazione alla partenza. Successivamente, grazie all'introduzione delle telecamere negli anni '80, gli allenatori ebbero la possibilità di meglio valutare le prestazioni dei propri atleti e ha dato loro dei dati che potessero analizzare insieme per migliorare la tecnica di nuotata. La rivoluzione dei materiali utilizzati, in particolare per i costumi da competizione, furono un'altra importante innovazione che permise agli atleti di abbattere i tempi infrangendo numerosi record mondiali

03.2 Abbigliamento

La storia del moderno costume da bagno affonda le sue radici in un passato remoto. Le prime testimonianze risalgono al III secolo d.C a piazza Armerina in Sicilia, dove un mosaico rappresenta una dozzina di donne che indossano un capo d'abbigliamento

3.2.1 Immagini esplicative dell'evoluzione dei costumi da gara



paragonabile al moderno bikini. Nei secoli successivi fare il bagno al mare resta una pratica diffusa e fino al diciottesimo secolo si è sempre usato fare il bagno nudi. Dal 1750 a Parigi si diffonde la moda dei moderni bagni e la popolazione comincia a spostarsi verso la Normandia o alla Costa Azzurra per godere delle proprietà benefiche dell'acqua marina. Per queste occasioni fu introdotto un abito con corpetto e calzoncini, in tela spessa, sovrapposta da una grande gonna che coprivano gran parte del corpo.

Con l'avvento delle Olimpiadi moderne e l'inizio del ventesimo secolo il costume da bagno iniziò un processo inverso a quello che lo portò a coprire tutto il corpo, sia in un contesto popolare che nella sua forma da competizione. Nel 1914 nacque Speedo, azienda oggi leader del mercato, che nel '28 produsse il primo costume da bagno agonistico. Successivamente, a partire dagli anni '30 la storia e la tecnologia all'interno dei costumi da bagno ebbero un vero e proprio boom, per cui il costume divenne un elemento decisivo per il nuotatore. Una buona fattura ed una scelta azzeccata di materiali permetteva loro di guadagnare secondi importanti che li portavano a migliorare i risultati sportivi. Nel 1956, sempre Speedo (che ebbe un ruolo fondamentale nello sviluppo dell'industria) introdusse prima il costume in nylon e poi, negli anni '70, il primo costume in Spandex, grazie al quale furono battuti 21 dei 22 record olimpici durante la manifestazione di Monaco.

Nel 1973 nacque Arena, altra realtà fondamentale per la crescita

del mercato dei costumi da competizione. Dopo le Olimpiadi del 1972, introdusse un costume che pesava solamente 18 grammi e che era disegnato per aderire al corpo proprio come una seconda pelle. La rivoluzione di Arena comportò un'ulteriore abbattimento dei tempi dei record olimpici.

Nel 1999 il britannico Paul Palmer indossò per la prima volta un costume intero e diede inizio all'era dei costumoni. Il costume divenne a tutti gli effetti uno strumento idrodinamico. Dal 2000 in poi tutte le aziende leader ripropongono la loro versione del costumone, da Speedo a Nike, passando per Arena ed Adidas. La FINA, la Federation Internationale De Natation, si espresse così a riguardo: "il nuotatore non deve usare nessuno strumento che possa aumentare la velocità o il galleggiamento naturale" permettendo così l'approvazione dei costumoni, fino al 2008, anno in cui comparvero le prime contestazioni. In quell'anno Speedo sviluppò lo Speedo Lazer Race (noto come LZR) insieme a Nasa e l'Istituto australiano dello sport, un costume privo di cuciture che riduceva drasticamente l'attrito, grazie all'aiuto di studi fluido-termodinamici. Ma la causa che scatenò le contestazioni fu l'introduzione di inserti in poliuretano in punti strategici per permettere ai nuotatori di galleggiare meglio. Una diretta conseguenza di questa innovazione tecnologica fu una serie infinita di record mondiali battuti in questo periodo, ben 245 tra il 2010 ed il 2011.

Per questo motivo dal 2010 FINA intervenne proibendo l'utilizzo di costumi con inserti in poliuretano, classificati come doping tecnologico, in quanto semplificano il galleggiamento degli atleti e alterano la gerarchia dei valori in campo avvantaggiando alcuni atleti per la loro struttura fisica. Per questa serie di motivazioni, la FINA stabilì che le donne potevano utilizzare costumi interi con la schiena scoperta e che arrivavano fino alle ginocchia mentre gli uomini potevano utilizzare solamente costumi a calzoncino che arrivavano sopra il ginocchio.

Questo evento comportò lo sviluppo di materiali tessili innovativi in grado di aderire meglio al corpo dell'atleta. Tra questi citiamo l'elastan, una fibra elastica sintetica, il nylon ed una piccolissima quantità di carbonio (1-3%) che aumentava la rigidità del costume e che conferiva una perfetta adesione al corpo. Grazie

all'introduzione di nastri elasticizzati che collegano i gruppi muscolari più importanti è stato possibile migliorare la postura durante la nuotata. Le micropannelature intagliate a laser hanno invece la funzione di aumentare la sensibilità dell'addome e stimolano la contrazione muscolare.

Per concludere, lo studio e lo sviluppo di questi costumi tecnologici ha permesso di facilitare e migliorare la biomeccanica del nuotatore durante le competizioni sportive.

03.3 Occhialini intelligenti



3.3.1 Instabeat (2013)

Instabeat, Instabeat (2013)

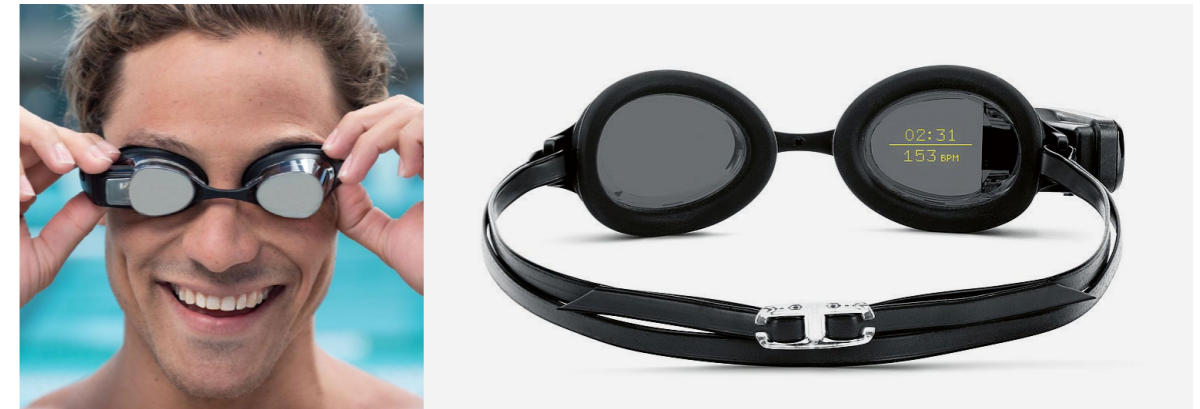
Instabeat è stato il primo smart add-on da aggiungere ai propri occhialini in grado di fornire dati relativi ai propri allenamenti in tempo reale. L'azienda produttrice ha inoltre sviluppato un app mobile (disponibile solo per iOS) che permette agli atleti di monitorare i propri progressi confrontandoli con risultati ottenuti in passato.

Instabeat divide gli allenamenti in tre livelli di intensità, indicando sulla lente lente degli occhialini un indicatore visivo: la luce blue indica un allenamento tranquillo e senza sforzi, il led verde indica la modalità fitness mentre il led rosso sprona l'atleta alla performance massima. In questo modo il nuotatore ha una guida sull'intensità da mantenere durante il suo allenamento. Inoltre Instabeat fornisce suggerimenti sui tempi di recupero alla fine di un esercizio. Il risultato è quindi uno strumento utile a migliorare, spronare le performance degli atleti tenendo traccia dei loro risultati sportivi.

Smart Swimm Goggles, Form (2015)

Il primo esempio sono gli occhialini *Smart Swimming Goggles* progettati da *Form* e lanciati sul mercato nel 2015 ad un prezzo di 170 euro circa.

Questi occhialini sono stati progettati in collaborazione a nuotatori professionisti e allenatori per supportarli durante il loro allenamento e migliorare il tracciamento delle loro performance. Sulla lente degli occhialini vengono proiettate infografiche relative alle distanze e ai relativi tempi impiegati per percorrerle tramite un



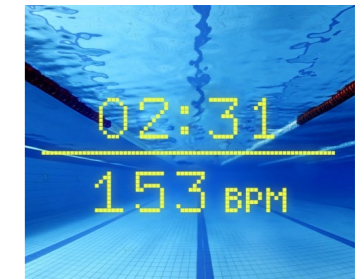
display smart posizionato sulla destra internamente agli occhialini. I dati vengono in seguito registrati e riportati agli allenatori che hanno quindi la possibilità di analizzare le performance sportive con più precisione e fornendo loro dati utili al miglioramento dei risultati dei loro atleti.

Gli occhialini disegnati da Form possono essere utilizzati in piscina, in acque aperte (laghi, mari e fiumi). Tuttavia per poter sfruttare tutte le funzionalità degli Smart Swimming Goggles, tra cui le funzioni di GPS, gli atleti dovrebbero affiancare ai propri occhialini uno smart watch (ad esempio Apple Watch o il Garmin) che completa l'analisi dell'allenamento con alcuni dati extra. Inoltre Form ha sviluppato un'applicazione per il cellulare che tiene traccia degli allenamenti e dei risultati nel tempo.

Zwin (2017)

Gli occhialini intelligenti Zwin sono il primo esempio di occhialini in grado di raccogliere ed analizzare i dati di un allenamento di nuoto in tempo reale. I nuotatori potranno così monitorare il loro battito cardiaco, il conto delle vasche, il tempo impiegato per percorrerle e il consumo di calorie. Tutti questi dati vengono proiettati sulla lente degli occhialini con un display multicolore. Per renderlo possibile, Zwin ha collaborato con aziende esperte dell'industria ottica per progettare un ad alta qualità display da posizionare vicino agli occhi degli atleti. Essi possono decidere quali informazioni visualizzare in qualsiasi momento, se preferiscono concentrarsi solo sul battito cardiaco, piuttosto che monitorare ogni aspetto dell'allenamento. Per monitorare il battito cardiaco, invece, sono stati posizionati dei sensori all'altezza delle tempie,

3.3.2 Smart Swimming Goggles, Form (2015)



3.3.3 Smart Swimming Goggles, Form (2015) - Data Visualization



3.3.4 Zwin (2017) - Exploded view



3.3.5 Zwim (2017)

zona in cui è possibile ottenere questo dato con elevata precisione. Inoltre, l'introduzione di un algoritmo in grado di tenere traccia della direzione di nuotata, è possibile analizzare il movimento del corpo e della testa e contare il numero delle vasche. Finito l'allenamento, i nuotatori possono scaricare i dati sui portali offerti da Garmin, Strava e MyFitnessPal tramite cavo USB.

Ovao Virtual Training Assistant (2018)

Ovao è un allenatore virtuale pensato per nuotatori ed atleti del triathlon. Questo dispositivo è in grado di restituire agli atleti dei feedback in tempo reale riguardo alla loro performance sportiva: in questo modo l'atleta è sempre a conoscenza dei suoi progressi. È un accessorio da installare sui propri occhialini tramite una cinghia ed è compatibile con il 90% dei prodotti disponibili sul mercato, che sono un oggetto difficilmente sostituibile dai nuotatori. All'interno delle lenti, nell'angolo, è presente un LED che indica al nuotatore quando aumentare e quando diminuire la velocità a seconda del battito cardiaco e del tipo di allenamento che si è impostato. Inoltre, al suo interno, è presente un metronomo che emette degli impulsi sonori quando viene raggiunto in generale l'obiettivo prefissato. Il



3.3.6 Ovao, Lithuania (2017)

“coaching” in tempo reale è restituito da un codice intuitivo di colori relativi all'intensità degli allenamenti (quindi indica all'atleta se aumentare o diminuire la propria andatura) e un impulso sonoro per dettare i tempi dei vari esercizi. Non importa quali siano i singoli obiettivi degli sportivi, ma Ovao è in grado di garantirti risultati migliori con il minimo sforzo.

Finis Smart Goggle, Ciye™ (???)

Gli occhialini intelligenti sviluppati da Finis in collaborazione con Ciye™, monitora e riporta sul display e sulla lente degli occhialini il numero di vasche, i tempi di nuotata, di recupero, il battito cardiaco, le calorie e tanti altri dati, in tempo reale. Il display si trova a lato: in questo modo il nuotatore non è infastidito dalla sua presenza e si può concentrare su altro. Dopo l'allenamento, ogni atleta può connettersi all'applicazione collegata per avere una panoramica completa dei traguardi raggiunti. I risultati sono poi condivisibili con il proprio allenatore o i propri compagni di corsia.



3.3.7 Finis Smart Swimming Goggles, Ciye

Vuzix Smart Swimming goggle (2019)

Nel 2019 Vuzix, azienda cinese, lanciò sul mercato un paio di occhialini intelligenti che consentivano ai nuotatori di monitorare i propri risultati sportivi, come nei modelli precedenti, ma aveva anche altre funzionalità, alcune un po' bizzarre. Infatti questo paio di occhialini è stato progettato sia come oggetto in grado di raccogliere dati relativi all'allenamento ma è stato pensato anche come uno strumento per rendere gli allenamenti meno noiosi e monotoni. Per questo motivo, tra le funzionalità introdotte, troviamo la possibilità di riprodurre alcuni video (o film) da vedere mentre ci si allena. Rispetto agli altri prodotti analizzati precedentemente risulta qualitativamente inferiore e con funzionalità extra che non potremmo definire “funzionali”, ma è interessante l'approccio che è stato adottato.



3.3.8. Vuzix Smart Swimming Goggle, 2019

Smart diving mask concept (2013)

Nel 2013 un team di designer composto da H. Chanhee, K. Juoung, H. Dhoin and K. Yoonjo ha presentato il concept per una maschera subacquea che permettesse di migliorare l'esperienza subacquea tramite la tecnologia della realtà aumentata.

Grazie alla presenza del GPS i sub avrebbero potuto monitorare costantemente la posizione dei propri compagni di immersione.



3.3.9 Smart diving mask concept, 2013

La sicurezza nelle immersioni è un fattore estremamente importante e molto spesso si sente parlare di incidenti in cui qualche sub si allontana dal gruppo per forti correnti e scarsa visibilità, rimanendo in balia delle acque.

Un'altra interessante proposta del giovane team di designer riguardava l'utilizzo della realtà aumentata per aver più informazioni riguardanti ciò che circonda i sub durante un immersione: dalle informazioni più tecniche come la profondità, la pressione o la quantità di ossigeno rimasta nelle bombole oppure informazioni di carattere informativo riguardanti fauna e flora dell'ambiente circostante.

Sul lato sinistro della maschera era stato pensato un pulsante per chiamare i compagni di immersione mentre nella parte superiore era stata prevista una camera in grado di scattare foto e video tridimensionali. Queste immagini sarebbero poi state condivise dagli utenti sul proprio televisore tramite bluetooth.

Questo concept tanto intraprendente quanto futuristico ha vinto numerosi premi tra cui il Reddot Design Award del 2013 e il lancio sul mercato era previsto per il 2015 anche se ad oggi, non si trovano riscontri online.



3.3.10 Action Mask, Cressi (2016)

Action Mask, Cressi (2016)

Il brand genovese Cressi ha cercato anche lei di venire incontro alle esigenze degli utenti delle nuove generazioni. In particolare al momento dell'uscita sul mercato di questa maschera le action cam erano molto popolari e diffuse tra le nuove generazioni e quegli utenti che desideravano creare contenuti video e fotografici subacquei innovativi. Tuttavia le action cam richiedevano sempre un supporto extra al quale attaccarle ma spesso questi accessori risultano scomodi e ingombranti durante le immersioni e offrono dei punti di vista leggermente differenti dalla prima persona offerta dalla maschera Cressi, compatibile con l'85% degli utenti.

03.4 Lettori MP3 subacquei

Il nuoto è uno dei migliori sport per la salute del nostro corpo e dei nostri muscoli, che sono egualmente implicati nell'attività fisica. Tuttavia l'allenamento risulta talvolta monotono e ripetitivo: il

nuoto è uno sport relativamente individuale in cui è facile trovarsi "isolati" nel corso dell'allenamento.

Ascoltare la musica renderebbe gli allenamenti meno noiosi e più dinamici. È stato scientificamente provato, invece, che l'ascolto di musica durante lo sport aumenta notevolmente le prestazioni fisiche; quindi, come direbbero gli anglosassoni, è una Win-Win. Oggi sul mercato sono presenti diversi MP3 o auricolari subacquei. Essi si distinguono in due categorie:

1. *I lettori impermeabili*: ovvero i classici lettori mp3 che vengono legati agli occhiali da piscina, a cui poi saranno collegate le cuffiette a filo.

2. *lettori waterproof ergonomici*: invece sono lettori compatti, dove il lettore e gli auricolari fanno parte dello stesso "corpo" e non sono separati. Si indossano come delle fasce intorno alla testa.

Entrambe le tipologie hanno le funzioni di un normale lettore mp3 e anche la stessa capienza. Le persone che hanno utilizzato entrambi, però, considerano i lettori ergonomici molto più pratici e comodi da utilizzare.

Presentiamo ora alcuni prodotti reperibili sul mercato.

Tayogo (2014)

Il primo lettore è un modello della Tayogo del 2014 che rimane tutt'oggi uno dei migliori dispositivi presenti sul mercato. Il dispositivo è caratterizzato da un design innovativo compatto e semplice: ha una memoria interna di 8 gb in grado di contenere le canzoni e podcast preferiti dell'atleta. La durata della batteria è stimata essere di 9 ore, valore accettabile specialmente per un nuotatore amatoriale che va in piscina due o tre volte a settimana. Tayogo è completamente subacqueo ed impermeabile: è utilizzabile sia in piscina che in acque aperte.

Il suo supporto per cuffie elastico è stato progettato appositamente per adattarsi alla dimensione della vostra testa, inoltre, nella confezione, sono forniti diversi gommini di dimensioni differenti a seconda della grandezza delle vostre orecchie.



3.4.1 Tayogo (2014)



3.4.2 Elegiant MP3

Elegiant

Il lettore della Elegiant è un lettore MP3 che può arrivare fino a 3 metri di profondità grazie al suo livello impermeabile IPX8, rendendolo perfetto per nuotare in piscina ma anche al mare. Il suo design è elegante, solido e robusto in grado di garantire un'ottima stabilità della cuffia durante l'attività fisica. Elegiant ha una memoria interna di 4 gb e supporta file audio in formato MP3 (da 8 a 320kps), WMA, VBR e AAC. Inoltre è possibile ascoltare la Radio in modalità FM con le frequenze comprese tra 87.5 e 108.5 MHz. Non è presente un segnale bluetooth e per questo motivo l'utente deve scaricare la propria musica dal proprio computer, ma oggi questo tipo di servizio non è un'ottima idea. Infatti oggi la maggior parte delle persone utilizza servizi di streaming musicali per cui non hanno il bisogno di scaricare le loro canzoni sul proprio computer quotidianamente.

La batteria in polimeri di litio 3.7V garantisce fino a 12 ore di riproduzione audio, ideale per sportivi amatoriali. La riproduzione del suono è eccellente, chiara, di alta qualità e i bassi sono perfettamente bilanciati e distribuiti.

A differenza del lettore precedente, questo modello della Elegiant va fissato dietro al collo: la sua ottima stabilità fa sì che non interferisca nei movimenti durante il nuoto e che le cuffiette earplug stiano al loro posto senza mai scivolare dalle orecchie.

E' interessante però evidenziare l'interazione dell'utente con il dispositivo che non presenta alcun display. La gestione della riproduzione musicale (o della radio) è completamente gestita tramite 5 pulsanti posizionati sul retro che non risultano tuttavia molto comodi. Inoltre è presente un led rosso che indica semplicemente l'accensione del dispositivo.

NW-WS413, Sony (2016)

Il lettore MP3 presentato da Sony nel 2016 è una garanzia parlando di funzionalità. I suoi auricolari impermeabili sono ricoperti da una sottile membrana che impedisce all'acqua (e alla sabbia) di danneggiare l'interno del walkman e di garantire una buona qualità del suono sott'acqua. In questo senso è importante evidenziare come Sony abbia deciso di utilizzare la tecnologia della conduzione, offrendo ai propri clienti una modalità audio

ambientale sarete in grado di sentire i suoni circostanti, ascoltare l'allenatore o parlare con gli amici, mentre continuate ad ascoltare la vostra musica.

E' possibile utilizzarlo anche in acqua salata fino a 2 metri di profondità ed è a prova di polvere (IP65/68), progettato appositamente per una vasta gamma di sport.

Un altro aspetto molto importante da mettere in evidenza è la batteria inserita nel dispositivo: essa ha una durata di circa 12 ore ma basta tempo di ricarica di soli 3 minuti per poterlo utilizzare 1 ora intera. Dispone di una memoria di 4 gb che conterrà tutti i file audio in formato WMA, AAC-LC o L-PCM.

Un altro importante aspetto di questo lettore è la sua resistenza a temperature che vanno dai -5°C fino ai 45°C, permettendo un allenamento sia in inverno che in piena estate, ma questa feature risulta un po' inutile se parliamo di un prodotto utilizzato principalmente da nuotatori amatoriali.

Infine il suo archetto posteriore risulta molto comodo e si adatta alla forma di qualsiasi testa grazie all'utilizzo di materiali elastici e flessibili.

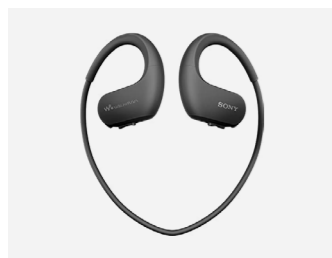
E-WOW, SportXtreme (2016)

Il lettore mp3 subacqueo E-Waw ONE della SportXtreme è realizzato in plastica resistente ed ha una tenuta stagna fino a 3 metri di profondità, a prova di cloro è perfettamente utilizzabile in piscina o in acque aperte, sia dolci che salate (IPX8).

Ha uno spazio di archiviazione di 4 gb, capace di contenere fino a 2000 titoli ed è compatibile con formati audio MP3 e WMA.

AGPTek S05, SportXtreme (2016)

Questo lettore MP3 subacqueo ha ben 8 gb di memoria, ovvero il doppio di tutti gli altri dispositivi che abbiamo citato precedentemente. L'autonomia di riproduzione garantita è di 18-22 ore grazie alla batteria ricaricabile al litio. Supporta i formati audio: MP3, WMA, WAV, ape, Flac e OGG. Per aggiungere le canzoni bisogna collegarlo al computer con l'apposito cavetto USB e trascinare i file nella cartella, ma anche in questo caso si tratta di



3.4.3 NW-WS413, Sony (2016)



3.4.3 NW-WS413, Sony (2016)

una UX vecchia ed obsoleta, di gran lunga migliorabile.

Il pacchetto comprende il lettore mp3, l'auricolare impermeabile, una fascia da braccio per mp3, un jack cavo di ricarica di 3,5 mm ed un manuale di istruzioni, oggi evitati da molte aziende per politiche ambientali.

03.5 Smartwatch

Gli smartwatch sono tra gli orologi più acquistati e diffusi del momento, anche se chi pratica attività fisica con regolarità e desidera trarre informazioni sul proprio allenamento ne sfrutterà meglio le funzionalità. Sono leggeri, semplici da indossare e da far funzionare e permettono di svolgere moltissime funzioni direttamente dal polso. Grazie ai parametri rilevabili tramite smartwatch è possibile comprendere il proprio stato di forma, identificare eventuali criticità su cui intervenire e apprezzare i margini di miglioramento.

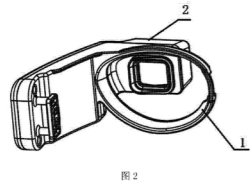
Lo smartwatch è in grado di monitorare calorie bruciate, temperatura, battiti, ha la funzione pulsossimetro, sfigmomanometro e contapassi. Ci sono orologi smart adatti praticamente ad ogni tipo di sport, così come ci sono gli smartwatch per chi corre esistono i modelli per chi nuota. Chi si abitua ad utilizzarlo difficilmente torna indietro e diventa uno degli accessori indispensabili per il nuoto.

Scegliendo fra gli smartwatch per il nuoto, cioè fra gli smartwatch che non si danneggiano in ambiente subacqueo, è possibile programmare i propri allenamenti, modificare le sessioni per ottenere migliori risultati. Questi smartwatch resistenti all'acqua possono essere utilizzati per tutte le attività sportive acquatiche, ma anche al mare o in piscina nei momenti di svago perché non corrono il rischio di danneggiarsi.

Bisogna però sottolineare come in piscina gli smartwatch (e gli orologi in generale) rappresentano un rischio di infortunio: non sono infatti rare le bracciate che vengono date ai nuotatori provenienti dall'altra direzione.

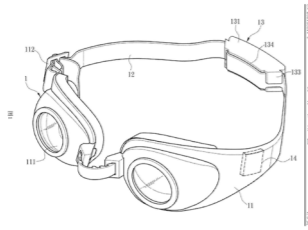
Uno smartwatch per il nuoto deve avere delle caratteristiche comuni sia per i prodotti destinati all'uso in piscina che in acqua

aperte, come la resistenza all'immersione (differente rispetto all'impermeabilità, ma analizzeremo questo aspetto meglio in un secondo momento). Funzionalità extra possono monitorare l'andatura, rilevare lo stile di nuotata, contare il numero di bracciate, calcolare la distanza, avere il GPS per il nuoto in acque aperte ma anche indicazioni su allenamenti personalizzati, indice SWOLF per l'efficienza di nuotata, il monitoraggio della frequenza cardiaca subacquea ed il consumo di calore.



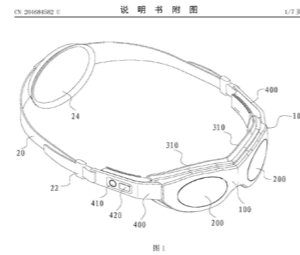
CN104548511A
**INTELLIGENT SWIMMING
 GOGGLE CAPABLE OF
 DISPLAYING SWIMMING
 DATA**
 (29-04-2015)

The intelligent swimming goggle automatically senses and recognizes swimming data such as speed and position of an athlete and display the exercise parameters in real time.



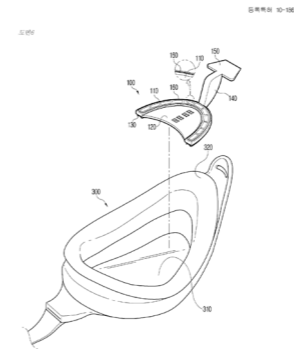
CN206138671U
INTELLIGENCE GOGGLES
 (29-04-2015)

The utility model relates to a swimming goggle, in particular to a goggle with sound device, physiological and activity detection. There is no display to show real time data to the swimmers. We can say then it is a simply swimming goggle with bone conduction mp3 placed in it.



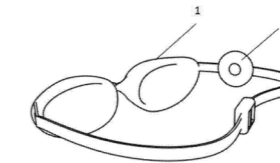
CN204684582U
**INTELLIGENT SWIMMING
 GLASSES**
 (07-10-2015)

By providing a monitoring and control device on the frame, the swimming time and distance of the user and the heart rate pulse of the user can be recorded and displayed, and the movement state of the user is monitored in real time.



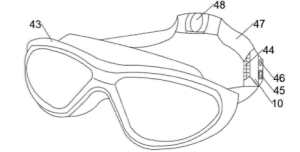
CN204684582U
**INTELLIGENT SWIMMING
 GLASSES**
 (07-10-2015)

More particularly, the present invention relates to a sports data display and information display system capable of simply attaching to a goggle worn by a user in a sport in which a time record such as swimming is presented and displaying the exercise progress time



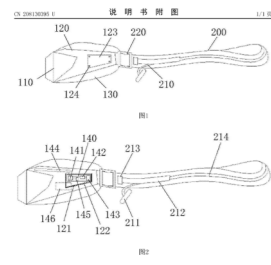
CN206823081U
**INTELLIGENT GOGGLES
 CLAMPING PIECE OF RHYTHM
 OF HEART AND RECORD
 SWIMMING DATA**
 (02-01-2018)

The purpose of the utility model is to provide a smart goggles clip for detecting the heart rate and recording the swimming data. This clip is extremely easy to carry compared to other products available on the market.



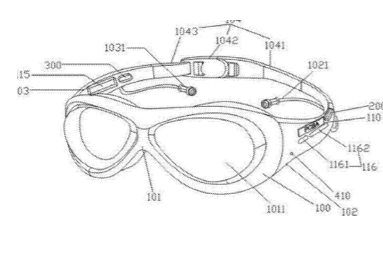
CN107773931A
**SMART SWIMMING
 GOGGLES**
 (09-03-2018)

Smart swimming goggles designed to guarantee swimmer's safety performance thanks to the collection of data about movement position. As it understand something is happening, this device can send a signal to the swimmer's mobile SIM to achieve timely rescue. There is no display.



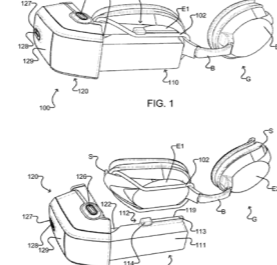
CN208130395U
INTELLIGENCE GOGGLES
(23-11-2018)

The utility model relates to the field of wearable devices, in particular to a smart swimming goggle. This device includes headphone to guarantee high-quality sound.



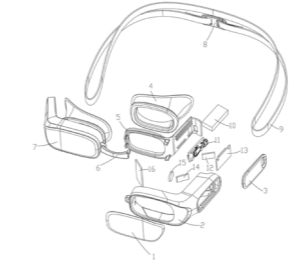
CN208525755U
OSTEOACUSIS GOGGLES WITH ESIM CARD FUNCTION
(22-02-2019)

The utility model relates to the technical field of swimming goggles, in particular to a bone conduction goggle with eSIM card function, for which you can receive phone call (how can it be useful?).



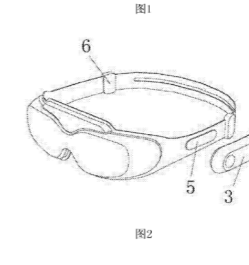
US2020285061A1
HEADS UP DISPLAY SYSTEMS FOR SWIMMING GOGGLES
(10-09-2020)

The inventors have determined a need for improved systems and methods for providing swimmers with real time information while swimming. To display real-time data they designed an head up display (HUD) system to use while swimming.



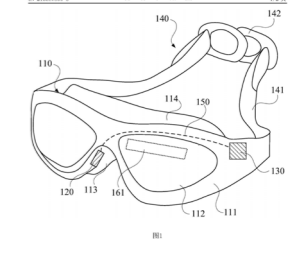
CN213432868U
INTELLIGENT MODULE USED FOR SWIMMING GOGGLES & GOGGLES
(15-06-2021)

It is an intelligent module and glasses used for swimming goggles that can be used by a swimmer to check the swimming or diving state in real time while training through virtual augmented reality technology. At the same time not will obscure the user's line of sight, allowing the user to focus on the swimming itself.



CN205127317U
INTELLIGENCE SWIMMING GOGGLE
(15-06-2021)

This smart swimming goggles collect and analysis swimmer's real time data to improve swimming skills, guarantee safety standards, like the GPS and pressure sensors directly linked to the user mobile phone to timely get rescued. Furthermore, a camera is located in front and can record underwater situation, real-time viewing and transfer to your phone, but also it can be used to monitor the status of the swimmer.



CN213667800U
INTELLIGENT SWIMMING GOGGLES
(13-07-2021)

For swimmers, real-time monitoring of vital signs such as heart rate and blood pressure helps to understand the swimmer's real-time underwater movement status, understand their life safety, and also help swimmers adjust their swimming status and improve their swimming level. The display is an optional.



FORM
SMART SWIM GOGGLES
2015

The inventors have determined a need for improved systems and methods for providing swimmers with real time information while swimming. To display real-time data they designed an head up display (HUD) system to use while swimming.



INSTABEAT
INSTABEAT
2013

This device is a module for swimming goggles designed to display real-time sport data on your swimming goggles lenses. It is 100% on training and performances data. There is an app can be liked with to update your training progress.



OVAO
OVAO VIRTUAL TRAINING ASSISTANT
2018

Module for smart swimming goggles designed to display real time data on the screen.



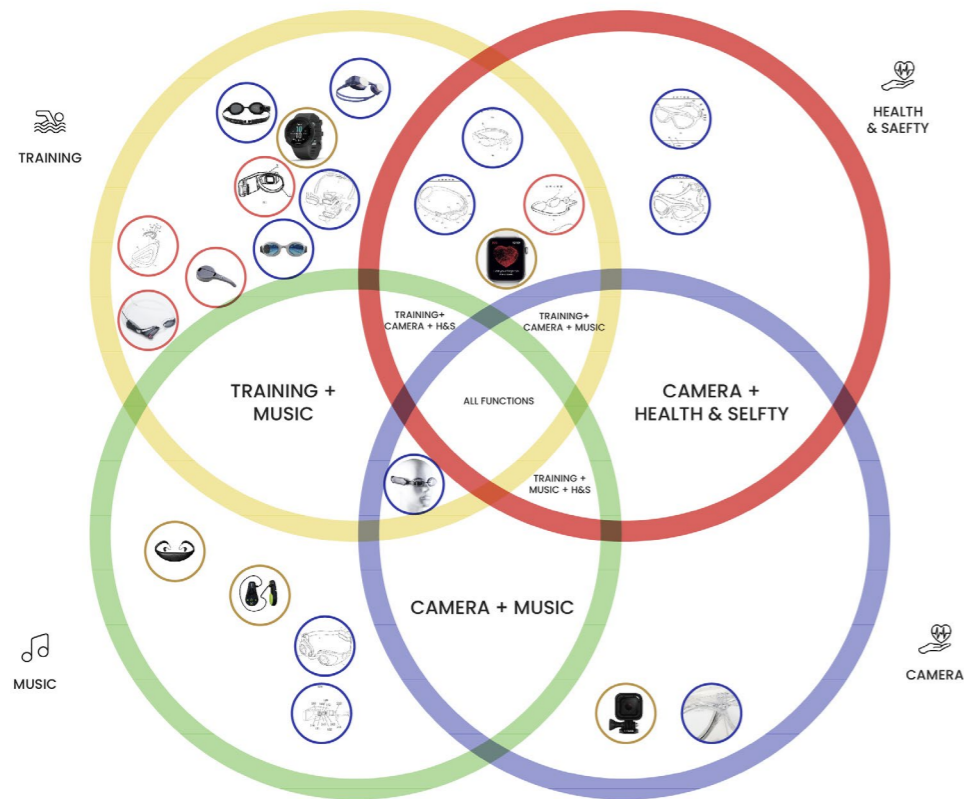
CIYE
FINIS SMART GOGGLES
YEAR

Smart swimming goggles designed to display real time data on the screen. The box containing all the servers and circuits in positiones inside the lenses on the left side for not disturbing the athlete while swimming. Data can be shared on the mobile app dedicated.



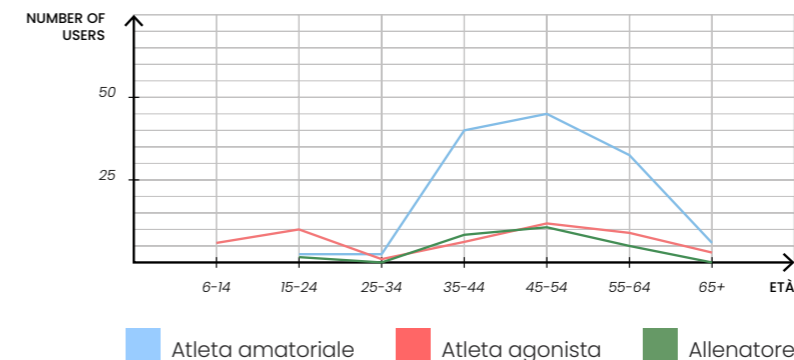
VUZIX
SMART SWIMMING GOGGLES
2019

Smart swimming goggles designed to track swimmers training data and record but it can also play videos and movies to make your training more playful and enjoyable.



From the previous analysis we could understand in which market segment was missing of smart wearable devices

TRAINING	HEALTH & SAFETY	MUSIC	CAMERA	USER	CONTEXT	DESIGN OPPORTUNITY
●		●		amateur	swimming pool	without H&S, data will be poor
		●	●	professionalist	swimming pool	we don't focus on professionalists
	●		●	amateur	all	users are not interested
●	●		●	professionalist	all	we don't focus on professionalists
●		●	●	amateur	swimming pool	without H&S, data will be poor
●	●	●		amateur	swimming pool	it fits with users needs
●	●	●	●	all	swimming pool	camera is not interesting for amateurs



4.2.1 Tabella riassuntiva dell'anagrafica dei nuotatori ed allenatori intervistati

04 Definizione Brief

04.1 Introduzione

Come abbiamo descritto nei capitoli precedenti, i dispositivi wearable sono dispositivi indossabili progettati per aumentare l'esperienza degli utenti mentre praticano sport. Abbiamo anche evidenziato come il designer debba essere in grado di unire conoscenze ingegneristiche, ergonomiche, biomeccaniche e comunicative. Per questo motivo è bene definire fin da subito il brief progettuale e tutti i limiti che ne derivano.

04.2 Definizione target

Per identificare il target del nostro dispositivo, abbiamo intervistato oltre 200 nuotatori tra cui sportivi amatoriali, pari al 63% degli intervistati, professionisti (24%) ed allenatori (13%). Da queste interviste abbiamo cercato di analizzare le loro

abitudini, i loro problemi ed i loro desideri. Abbiamo posto loro domande relative alla frequenza dei loro allenamenti, se si allenassero solamente in piscina o anche in acque aperte, come mare, laghi e fiumi, se fossero soliti utilizzare accessori tecnologici ed analogici per supportare i loro allenamenti, se fossero seguiti da un allenatore e se l'esperienza del nuoto in generale come è oggi li soddisfasse. È interessante come le risposte per ogni categoria di atleta siano così simili.

I nuotatori professionisti, tendenzialmente più giovani rispetto alle altre due categorie, si allenano almeno tre volte a settimana in sessioni da oltre 60 minuti. Di questi atleti professionisti, il 55% di loro si allena anche in acque aperte durante la stagione estiva, un contesto sicuramente più impegnativo e dispendioso dal punto di vista energetico (oltre che pericoloso), motivo per cui i nuotatori amatoriali sono meno soliti a questa tipologia di allenamento. I nuotatori professionisti, al contrario di amatoriali ed allenatori, sono meno soliti usare dispositivi tecnologici per monitorare i loro allenamenti. È chiaro inoltre come le loro sessioni di allenamento siano più ricche e varie: i nuotatori, oltre alla cuffia e agli occhialini, usano accessori quali pinne, pullboy, palette e pinne e, grazie ad essi, riescono ad ampliare la tipologia di esercizi praticabili. La maggior parte delle volte nuotatori professionisti fanno spesso parte di una squadra, seguita da uno o più allenatori che organizzano e preparano allenamenti personalizzati per ogni atleta, in base alle sue caratteristiche anagrafiche, fisiche, psicologiche ed in base alla tipologia di gare a cui deve partecipare.

I nuotatori amatoriali sono la categoria più numerosa

emersa dalle interviste: gli utenti di questa categoria hanno principalmente un'età compresa tra i 35 ed i 65 anni e circa il 70% degli intervistati sono donne. Dalle risposte ottenute è evidente come il nuoto venga concepito come un sport agonistico fino all'età adolescenziale ma con il passare del tempo e l'accumularsi di impegni, le persone lo praticano a livello amatoriale per mantenersi in forma e per praticare la loro passione. Questa peculiarità è anche visibile dal grafico 4.1. Gli atleti amatoriali si allenano tra le due e le tre volte a settimane con sessioni di allenamento comprese tra i 30 ed i 60 minuti. Questo dato risulterà interessante nella definizione delle funzionalità e delle caratteristiche tecnologiche, come la durata della batteria. Circa la metà dei nuotatori amatoriali si allenano senza allenatore, e solo il 34% di essi si prepara le schede di allenamento: questo è uno dei motivi per cui la funzionalità più richiesta risulti essere un allenatore virtuale che da al nuotatore suggerimenti per migliorare la propria tecnica, ma sono elevati anche gli interessi nell'avere a disposizione delle schede virtuali e la musica. La possibilità di scattare le foto e video rimane una funzionalità plus, per modelli successivi (magari adatti in open water). Rispetto al totale dei nuotatori amatoriali, solo il 44% di essi si allena in acque libere e di questi, il 28% (17/60) possiede uno smartwatch, e quindi gode le funzionalità del GPS. Si può dunque pensare di escludere questa funzionalità inizialmente, ed implementarla in un aggiornamento futuro del dispositivo. E' inoltre interessante notare la relazione che hanno le varie categorie di sportivi nei confronti della tecnologia. Gli sportivi amatoriali amano utilizzare ed essere circondati dagli oggetti tecnologici quali smartwatch, MP3 subacquei ed occhialini intelligenti durante i propri allenamenti che sono solitamente più "tradizionali". Al contrario, gli atleti professionisti ed agonisti, nonostante siano più attenti ai tempi, ai risultati sportivi e alla propria tecnica, usano solo gli accessori classici da piscina.

Da queste interviste è inoltre emerso che a tutti gli atleti, che siano amatoriali o professionisti, sono interessati al monitoraggio dei propri risultati sportivi. L'introduzione di un allenatore virtuale in grado di correggere la tecnica attraverso semplici suggerimenti e la possibilità di offrire esercizi vari e diversificati renderebbero gli allenamenti meno noiosi e più coinvolgenti. Infatti, a detta di molti intervistati, il nuoto risulta

talvolta uno sport monotono in cui i nuotatori, in particolar modo gli amatoriali, si trovano ad allenarsi da soli.

Tenute a mente tutte queste considerazioni, abbiamo pensato che progettare un dispositivo wearable per nuotatori amatoriali sarebbe la strategia migliore per rendere questo dispositivo appetibile per il mercato. L'utilizzo in acque aperte viene in un primo momento trascurato: l'introduzione del GPS o delle luci di sicurezza (per segnalare i nuotatori alle barche) verranno introdotte in uno sviluppo successivo del prodotto, ma è comunque possibile integrare il nostro dispositivo ad alcuni smartwatch che potranno soccombere alle funzionalità mancanti come il GPS. La possibilità di ascoltare la musica, invece, è una funzionalità che è risultata essere molto interessante che ha incuriosito i nostri intervistati: la tecnologia per riprodurre i suoni sott'acqua, l'introduzione di una memoria interna e la possibilità di scaricare nuova musica verranno approfondite in seguito. Per quanto riguarda la tipologia del dispositivo, dalle interviste è emerso che gli unici due accessori che vengono sempre utilizzati dai nuotatori, a prescindere che siano amatoriali o professionisti, sono la cuffia (obbligatoria in piscina) e gli occhialini: per questo motivo lavorare su degli occhialini intelligenti darebbe la possibilità di creare un prodotto sicuramente interessante per i nuotatori dilettanti ma che avvicinerebbe i nuotatori professionisti all'utilizzo di dispositivi tecnologici per il monitoraggio delle performance sportive. Come abbiamo visto, i nuotatori amatoriali sono soliti allenarsi due o tre volte a settimana per un periodo compreso tra i 30 ed i 60 minuti, per un totale di tre ore settimanali al massimo. Questo dato risulterà utile nella fase di ingegnerizzazione, ed in particolare durante la ricerca di componenti buy, per poter scegliere una batteria che permetta all'utente di ricaricare il proprio dispositivo una volta ogni due settimane.

04.3 Misure antropometriche

Come abbiamo anticipato precedentemente, quando dobbiamo progettare un dispositivo wearable, dobbiamo conoscere il meglio possibile il corpo umano, la sua fisicità e la sua biomeccanica. Come abbiamo visto i nuotatori amatoriali, target del nostro progetto, sono per lo più persone che vanno dai 30 anni in su. Per questo motivo, seguendo le indicazioni di Alvin R. Tilley nel libro "The measure of man and

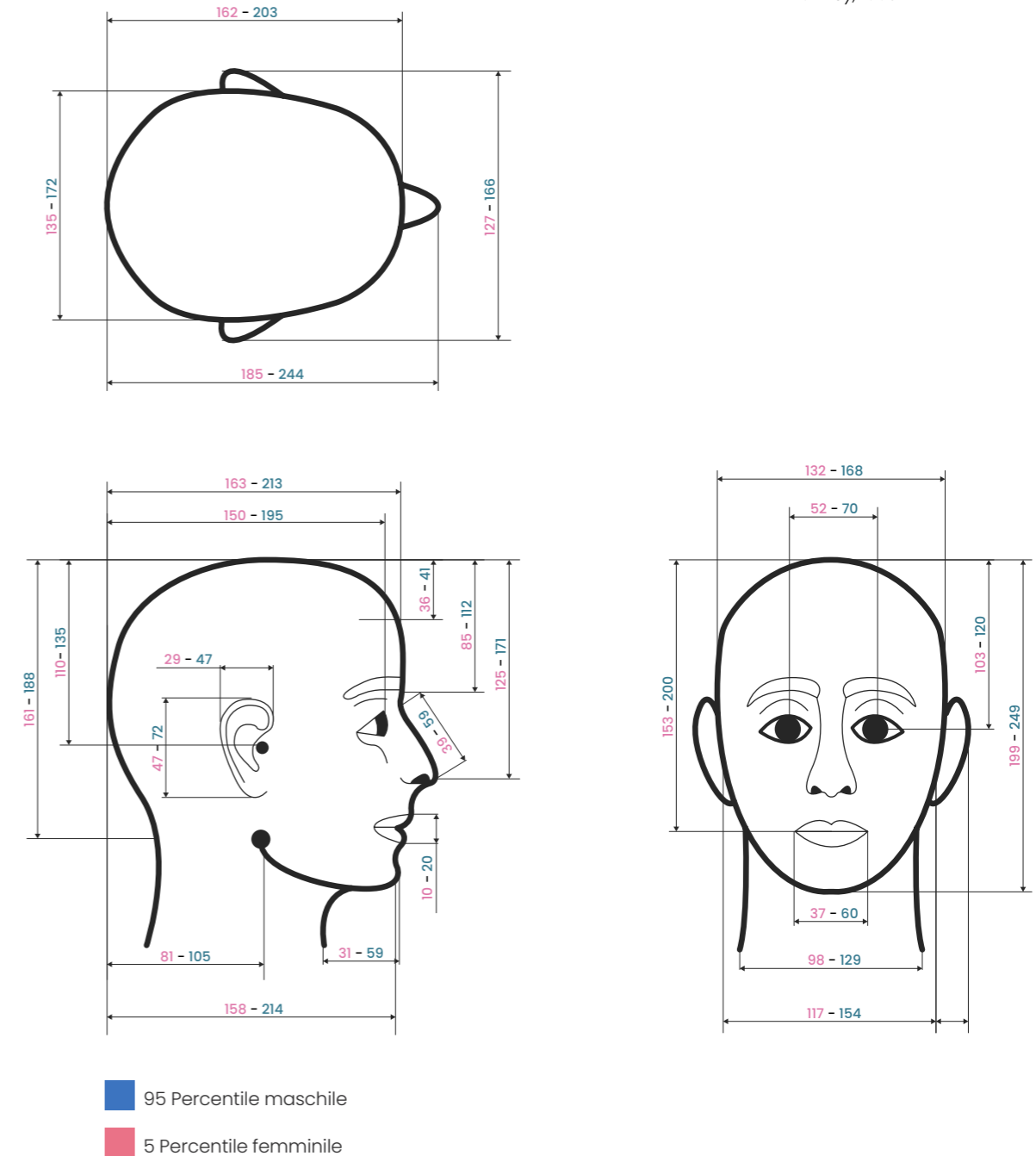
woman" (1993), andremo ora a descrivere le misure che ci interessano maggiormente.

Con il termine "ingegnerizzazione umana" si intende la relazione tra l'uomo (utente) ed il prodotto che utilizza e la sua meccanica. Prima della seconda guerra mondiale, ingegneri ed architetti utilizzano come linee guida di progettazione le misure medie di un uomo. Le misure erano stabilite dal dipartimento Americano dell'agricoltura ma la maggior parte di queste misure non erano adatte a questo scopo. Con l'inizio della Seconda Guerra Mondiale, il governo Americano (ed in particolare l'esercito) studiò i nuovi armamentari cercando di rispettare le misure prese dal 90% della popolazione maschile. Oggi i designers devono preoccuparsi dell'intera popolazione, dai progetti in ambito industriale a quelli agricoli diffusi in tutto il mondo, e questo ha portato ad un interesse maggiore verso le misure antropometriche. Per questo motivo, quando si lavora ad un dispositivo wearable è bene escludere il 5% della popolazione più alta e grossa di corporature ed il 5% della popolazione con le misure minori: in questo modo si riesce a lavorare a progettare un dispositivo adatto al 90% della popolazione. Per il nostro progetto terremo dunque in considerazione il 95° percentile maschile ed il 5° percentile femminile di età compresa tra i 20 ed i 65 anni per avere un design-for-all adatto al nostro scopo. A lato sono visibili le misure antropometriche utili al nostro progetto: in rosa sono segnate le misure relative al 5 percentile femminile, in blu relative al 95 percentile maschile.

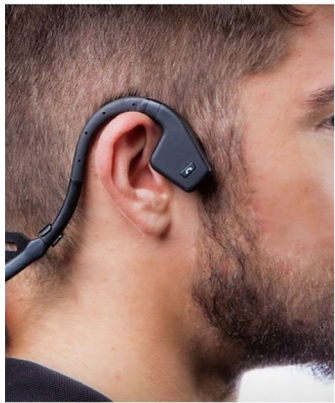
04.4 Ascolto della musica

Dalle interviste è emerso come il nuoto talvolta risulti essere uno sport monotono e noioso: per questo motivo, alla domanda riguardante funzionalità extra che sarebbero gradite agli intervistati, la possibilità di poter ascoltare la propria musica preferita o i podcast è risultata stimolante per gli utenti. Il suono può essere descritto come un fenomeno ondulatorio caratterizzato da una serie di compressioni e rarefazioni in un particolare mezzo. In acqua i suoni tendono a propagarsi molto più velocemente che in aria: essendo un liquido, l'acqua è meno comprimibile rispetto ai gas di cui è composta l'aria e le sue molecole resistono alla compressione, trasmettendo l'onda con più rapidità. Tuttavia, gli esseri umani si vedono l'udito ridimensionato in acqua: infatti le nostre orecchie non

4.2.1 Rapporti antropometrici basati sul libro "The measure of man and woman", by Alvin R. Tilley, 1993



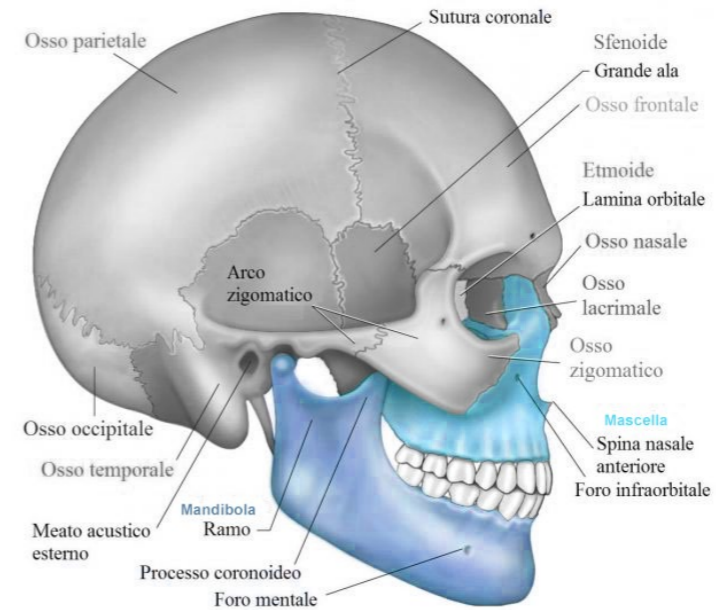
riescono a trasmettere le onde sonore trasmesse dall'acqua al padiglione auricolare, la cui funzione è quella di raccogliere le vibrazioni e trasmetterle all'orecchio medio e interno, dove saranno convertite in segnali nervosi per il cervello. Tuttavia il padiglione ha praticamente la stessa densità dell'acqua e per questo motivo non riesce a trasmettere la vibrazione. Per poter ascoltare la musica sott'acqua è dunque necessario sfruttare le ossa, che hanno una densità maggiore dell'acqua e possono ricevere e trasmettere più facilmente le onde sonore. La tecnologia che ci permette di sfruttare questa proprietà delle ossa è chiamata conduzione ossea.



4.4.1 Auricolare a conduzione ossea

Conduzione ossea

Le cuffie a conduzione ossea sono tra gli accessori per lo sport più innovativi, un nuovo modo di ascoltare musica durante gli allenamenti. Le cuffie a conduzione ossea, tecnologia introdotta nel 1923 da Hugo Gernsback, non sfruttano il timpano per propagare il suono, ma le ossa del cranio. Gli auricolari funzionano emettendo piccole vibrazioni nel punto di congiunzione tra la mascella e la mandibola. La vibrazione bypassa il timpano e trasmette il suono direttamente al canale uditivo medio, per poi raggiungere la chioccia, la parte più interna dell'orecchio, che converte le vibrazioni in segnali elettrici interpretate dal cervello come suoni. Il sistema a conduzione ossea permette in questo modo di ascoltare musica lasciando l'orecchio libero di sentire i suoni provenienti dall'ambiente circostante (il rumore che si sente mentre si nuota è curiosamente ritenuto rilassante da alcuni intervistati). Negli auricolari tradizionali il timpano viene "chiuso" per permettere ai suoni di entrare nell'orecchio, impedendo in questo modo di percepire chiaramente l'ambiente esterno. Questo è evidente soprattutto quando si ascolta musica a un volume medio-alto, quando negli auricolari tradizionali si crea un isolamento completo da quello che ci circonda. Questo problema delle cuffie più classiche viene risolto dalle cuffie a conduzione ossea, dove le vibrazioni si propagano direttamente nel canale uditivo, lasciando libero il timpano di ascoltare musica e prestare attenzione allo stesso tempo a ciò accade intorno. Le cuffie a conduzione ossea sono dunque una soluzione perfetta per runner, ciclisti e nuotatori in acque aperte che vogliono allenarsi con la musica in completa sicurezza.



Oltre alla sicurezza, un'altro dei motivi per cui le cuffie a conduzione ossea hanno avuto successo in contesti sportivi riguardano la loro comodità. Le cuffie a conduzione ossea hanno una struttura stabile e confortevole, si poggiano sulla testa e restano saldamente in posizione anche dopo molte ore di attività. Inoltre queste cuffie innovative sono molto spesso impermeabili, il che le rende perfette a chi fa sport in regioni piovose o a chi pratica sport acquatici, al chiuso e in acque aperte.

Questa nuova tecnologia può spaventare alcuni sportivi allontanandoli da queste cuffie, pensando che la conduzione ossea possa essere dannosa per gli utenti. In realtà le vibrazioni prodotte da queste cuffie e trasmesse alle ossa del cranio non sono dannose per la salute dell'uomo: infatti non esponendo il timpano a forti vibrazioni le cuffie a conduzione ossea permettono di ascoltare musica anche per lungo tempo, senza generare dolori o fastidi alle orecchie.

I prodotti a conduzione ossea sono solitamente classificati in tre gruppi:

1. Prodotti ordinari come auricolari vivavoce o cuffie;
2. apparecchi acustici e dispositivi di ascolto assistito;
3. prodotti di comunicazione specializzati (per esempio per ambienti subacquei e ad alto rumore).



04.5.2. Flash memory, Micro SD

Memoria di archiviazione

In piscina non è possibile utilizzare tecnologie bluetooth per far comunicare il nostro dispositivo wearable con altri dispositivi a bordo vasca, come il cellulare. Per questo motivo bisogna pensare al bluetooth come una tecnologia grazie al quale l'utente riesce a scaricare dati e file prima di entrare in acqua, proprio come accade oggi quando saliamo in aereo e vogliamo ascoltare la nostra musica disponibile sulla nostra piattaforma streaming. Per questo motivo sarà necessaria l'introduzione di una memoria di archiviazione all'interno del dispositivo sulla quale l'utente potrà salvare le proprie playlist ed alcuni episodi dei propri podcast preferiti, disponibili su piattaforme esterne come Spotify o Apple Music. Lo spazio di memoria sarà calibrato in base alle esigenze e alle abitudini dei nostri utenti.

04.5 Monitoraggio degli allenamenti

Nei capitoli precedenti, analizzando i nuotatori amatoriali, è emerso come la maggior parte degli atleti non sia seguito da un allenatore e che solo pochi di essi (circa il 25%) si prepara delle schede di allenamento in autonoma. Anche nel caso della presenza di un allenatore però, non è sempre facile monitorare la performance sportiva di tutti gli atleti e per questo motivo è importante poter visualizzare le metriche anche a fine allenamento per monitorare i progressi sportivi.

Tra i dispositivi tecnologici maggiormente utilizzati, specie tra gli amatoriali, ci sono gli smartwatch, i quali consentono di avere un quadro generale della propria attività in vasca. I prodotti disponibili sul mercato sono sempre di più ma mancano dei dispositivi dedicati completamente al nuoto, sport peculiare per le numerose variabili che presenta. E' inoltre necessario delineare i parametri significativi utili per tracciare le sessioni di allenamento, perchè sono rilevanti e come variano nel tempo.

Dispositivi wearable e dispositivi medici

Per la progettazione di un dispositivo di monitoraggio della

performance sportiva indossabile, è necessario prestare particolare attenzione al labile confine che esiste tra dispositivi per la supervisione della performance sportiva e i dispositivi medici, che comprendono tutti i dispositivi, compreso il software, che hanno uno scopo medico. Recentemente il regolamento in tema di dispositivi wearable è stato aggiornato dall'Unione Europea, che ha specificato quando un software rientra nella categoria dei dispositivi medici e quando no, con le seguenti parole: "E' necessario chiarire il software in sè, quando è specificatamente destinato dal produttore ad essere utilizzato per uno o più degli scopi medici di cui alla definizione un dispositivo medico, si qualifica come tale, mentre il software per scopi generali, anche se utilizzato in un ambiente sanitario, o il software destinato a scopi di stile di vita e benessere non è un dispositivo medico".

L'approccio allo sviluppo di dispositivi o software per la salute deve essere quindi prudente, al fine di comprendere quali sono i criteri e i requisiti legislativi che caratterizzano i dispositivi consumer e i dispositivi medici. Quest'ultimi sono definiti come strumenti, apparecchi o software che sono utilizzati da soli o in combinazione, per scopi di diagnosi, prevenzione, monitoraggio trattamento o alleviamento di malattie, lesioni, handicap, o per lo studio dell'anatomia o di un processo fisiologico, o per il controllo del concepimento. Per chiarire ulteriormente questo punto, è possibile affermare che lo scopo di un dispositivo o applicazione è definito, dalle sue stesse funzionalità e dal produttore in fase di progettazione / vendita e non dipende dal modo in cui viene utilizzato dagli utenti. La destinazione d'uso di un dispositivo o di un'applicazione è riportata attraverso un'apposita dicitura nell'etichetta, nelle istruzioni e nella comunicazione promozionale. Tutti i dispositivi e le applicazioni che non rientrano nella categoria dei dispositivi medici non richiedono il marchio CE per la commercializzazione; di fatto, la maggioranza delle applicazioni pubblicizzate come app per il fitness e il benessere offrono funzionalità attinenti alla salute (forma fisica, stile di vita, piani alimentari,...) attraverso il monitoraggio della frequenza cardiaca, i ritmi del sonno, del numero di passi, senza avere finalità mediche, pertanto non richiedono il marchio CE. La DKMA -Danish Medicines Agency - ha elaborato un diagramma per semplificare il processo per determinare se un software o un dispositivo rientrano all'interno

dei prodotti destinati ad uso medico o meno.

Frequenza Cardiaca (HR) e la variabilità della frequenza cardiaca (HRV)

Tra i parametri importanti per l'analisi delle performance sportive ci sono sicuramente quello della frequenza cardiaca (HR) e della variabilità della frequenza cardiaca (HRV). I metodi di rilevamento di tali parametri sono in sostanza due: attraverso sensori ottici a infrarossi e attraverso elettrodi.

I dispositivi caratterizzati dai sensori ottici utilizzano la tecnica chiamata fotopleletismografia (PPG), la quale, attraverso l'utilizzo di LED (rossi e verdi) abbinati a fotodiodi sensibili alla luce, è in grado di stabilire il volume di sangue che scorre nel polso. Questo metodo, che richiede un contatto costante con la pelle e condizioni di esercizio quasi perfette ed è utilizzato in tutti i dispositivi da polso, da braccio o che si applicano sull'orecchio o in testa, risulta essere preciso per la maggior parte delle situazioni, soprattutto quelle che presentano un'esigua variazione della frequenza cardiaca. Per raggiungere un livello maggiore di precisione, per mantenere una lettura coerente nel tempo, per ottenere una maggiore sensibilità ai cambiamenti della frequenza cardiaca ed evitare di avere problemi legati alle alterazioni dovute a fattori ambientali, per altro particolarmente probabili in acqua, per cui è necessario fare ricorso ad elettrodi applicati in zona toracica e opportunamente impermeabilizzati, in grado di misurare gli impulsi elettrici generati dalla contrazione del cuore. L'acqua infatti ostacola la lettura efficace di questo parametro mediante PPG, poiché fa muovere il dispositivo e si interpone tra esso e il corpo umano, rendendo i dati della misurazione ottica inaffidabili.

I fattori che portano alla scelta di un metodo piuttosto che l'altro sono molteplici, molto dipende dal livello di precisione che ci si aspetta di ottenere, da quanto si è disposti a sacrificare il comfort durante l'allenamento a vantaggio di dati più affidabili, dal tipo di attività fisica che si intende fare e dal tipo di sportivi che si è; sicuramente un atleta professionista necessiterà di parametri più accurati per poter pianificare il proprio programma di allenamenti rispetto ad un atleta amatoriale.

HRV, acronimo di Heart Rate Variability o "Variabilità della frequenza cardiaca, è la misura dell'intervallo temporale che

separa un battito cardiaco da un altro e quanto è costante per un periodo di tempo. La variabilità della frequenza cardiaca, che dipende da una parte primitiva del sistema nervoso autonomo, è uno specchio della salute psicofisiologica e dello stato emozionale di una persona, e permette di capire come il corpo reagisce allo stress.

Un'elevata variazione tra i battiti cardiaci (HRV alto) corrisponde a uno stato di salute più rilassato, a una maggiore capacità di resistere allo stress, a un più rapido ed efficace recupero dagli sforzi fisici e a una migliore forma fisica. Al contrario, quando la variazione tra i battiti cardiaci è bassa, l'individuo fatica a fronteggiare lo stress e a recuperare dagli sforzi fisici.

In ambito sportivo, l'analisi della variabilità della frequenza cardiaca viene utilizzata per la pianificazione e l'ottimizzazione degli allenamenti, poiché permette di avere una visione globale di come il corpo risponde e si adatta ai ritmi di allenamento e consente di evitare situazioni di overtraining. Questo parametro consente di verificare l'efficacia degli allenamenti e l'adeguato inserimento del periodo di recupero, poiché permette di capire se il carico di allenamento è sufficiente a innescare i cambiamenti desiderati, necessari per il miglioramento delle prestazioni o se è tale da causare una condizione di overtraining, che impedisce il corretto recupero per il corpo tra una seduta di allenamento e l'altra.

Nell'ambito dell'utilizzo della variabilità della frequenza per la programmazione degli allenamenti, è possibile individuare tre differenti fasi:

1. fase di baseline: è un periodo di allenamenti standard, caratterizzato da normali variazioni di intensità, volume e frequenza che comporta valori normali di HRV.
2. fase di overload: è l'ultima fase di allenamento intenso, in questo periodo l'atleta viene sottoposto ad un elevato stress fisico con lo scopo di innescare gli adattamenti fisiologici, muscolari e tecnici in preparazione alla gara. Questa fase ha una durata che va dai 15 ai 20 giorni ed è caratterizzata da valori bassi di HRV.
3. fase di tapering: è il periodo che precede un evento o una competizione importante e serve per massimizzare lo stato

di forma fisica dell'atleta, per questo prevede una riduzione dei carichi di allenamento. I miglioramenti dovuti a questa fase sono tangibili sia a livello fisiologico (miglioramento VO2max, aumento delle riserve di glicogeno muscolare, del volume sanguigno, del numero degli eritrociti, ...) che a livello psicologico. In questa fase vengono raggiunti elevati valori di HRV, con un beneficio sul miglioramento della prestazione che può variare tra 1% e 4%.

Questo parametro assume rilevanza ai fini della preparazione atletica se monitorato in modo costante, prestando attenzione non alle misurazioni puntuali ma all'andamento nel tempo. Come nel caso della frequenza cardiaca, i valori della variabilità della frequenza cardiaca possono essere rilevati con dispositivi da polso o da braccio che sfruttano la fotoplethysmografia, o attraverso dispositivi che utilizzano la elettrocardiografia, come le fasce toraciche.

Dati e parametri utili per monitorare l'allenamento

Dalle interviste agli atleti amatoriali è emerso chiaramente come essi si allenino spesso individualmente senza essere seguiti da un allenatore. Per questo motivo, all'idea di volere aggiungere la funzionalità di un allenatore virtuale negli occhiali intelligenti, è necessario procedere con una descrizione ed una definizione dei dati e parametri più utili per monitorare la performance sportiva. Partendo dai più elementari, troviamo il conteggio delle vasche, la velocità, il numero di bracciate effettuate in una vasca o in una data distanza, fino ad arrivare a parametri derivati come lo swolf. Approfondiamo ora ogni singolo parametro con una descrizione più dettagliata.

Numero delle vasche

Il conteggio del numero di vasche effettuate durante una sessione di allenamento ci permette di calcolare la distanza totale nuotata grazie alla possibilità di impostare la lunghezza della vasca o al rilevamento automatico. Questo dato risulterà interessante anche per analisi successive.

Distanza

La distanza totale misura i metri nuotati durante l'intera sessione di allenamento. A questo parametro si possono aggiungere

anche la distanza parziale percorsa nella serie in corso e la distanza percorsa in ciascuno stile.

Velocità

È un dato che molti dispositivi wearable sportivi monitorano: la velocità istantanea esprime la velocità a cui l'atleta sta nuotando. Più significativa ai fini dell'allenamento è la velocità media, che è la velocità che si è tenuta per effettuare una singola vasca o una serie specifica.

SWOLF

È un parametro avanzato derivato che risulta essere uno dei più utili per l'analisi della performance. Viene espresso sotto forma di punteggio ed è fondamentalmente un indice di efficienza della nuotata. L'obiettivo di qualsiasi nuotatore è quello di ottenere il punteggio più basso possibile, indice di una nuotata più efficiente. Per calcolarlo bisogna sommare il tempo impiegato per completare una certa distanza (una serie o un allenamento) al numero di bracciate effettuate. Per migliorare lo swolf, bisogna lavorare sulla tecnica di nuotata perché questo dovrebbe avere automaticamente risvolti positivi anche sul tempo. Solitamente, per avere questo parametro accurato e preciso, nell'analisi viene presa in considerazione la SWOLF di una o più serie e non quello di una singola vasca.

Passo

Il passo è un indice che mostra il tasso di movimento e si esprime in minuti per 50 o 100 metri. Può essere rilevato relativamente all'intera sessione di allenamento o alle singole serie di esercizi, e permette di analizzare le differenze in relazione ai regimi di lavoro e in conseguenza all'affaticamento. Di norma, il passo è migliore nelle distanze brevi mentre tende a crescere quando si effettuano lavori di resistenza.

Tempo

Il tempo è un parametro che può essere descritto secondo diverse diciture quali il tempo totale, il tempo parziale e il tempo di nuotata effettivo ed il tempo di riposo. Il primo, indica il tempo trascorso dall'inizio dell'allenamento, comprese le interruzioni tra un esercizio ed un altro. Il tempo parziale indica il tempo relativo ad una singola serie / esercizio.

Pausa

Questo termine indica il tempo di recupero tra una ripetizione e quella successiva all'interno di una serie di allenamento.

Ripartenza

Questo dato indica il tempo all'interno del quale completare una ripetizione e ripartire per quella successiva, perciò comprende sia il tempo di riposo che il tempo in movimento. Questo dato è utile anche per pianificare precisamente la durata di un allenamento.

Conteggio bracciate

Per quanto riguarda il conteggio delle bracciate, si possono registrare più valori. Si può tenere traccia delle bracciate totali, il conteggio delle bracciate parziali, ovvero il numero di bracciate effettuate per portare a termine una specifica serie o distanza, e il conteggio medio delle bracciate per stile.

Frequenza di bracciata

Questo parametro può essere descritto come frequenza media di bracciata per stile, che indica il numero medio di bracciate effettuate al minuto in uno stile durante l'intera sessione di allenamento, come frequenza massima di bracciata per stile, ovvero il numero massimo di bracciate in un minuto in un determinato stile, o come la frequenza parziale di bracciata, sempre per stule, che rappresenta il numero medio di bracciate effettuate nel corso di un minuto in uno stile nell'arco di una serie. La frequenza di bracciata per stile indica la frequenza media della stessa in ciascuno dei quattro stili.

Distanza per bracciata

È un semplice parametro derivato che misura quanti metri si possono coprire in uno stile con una singola bracciata e può essere calcolato in relazione ad una singola vasca, ad una specifica distanza o all'intera durata dell'allenamento.

Calorie

Questo dato indica il numero totale di calorie bruciate durante una sessione di allenamento. Possono essere descritte le calorie totali bruciate, le calorie attive, ovvero quelle bruciate nuotando

e le calorie totali, che considerano anche le calorie bruciate durante le fasi di riposo

Riconoscimento stile

Consiste nel riconoscimento dello stile di nuotata in corso tra i quattro stili fondamentali e, in alcuni casi, anche gli stili misti, cioè quando un nuotatore esegue ogni stile per un quarto della serie/ripetizione che sta effettuando. Questo parametro permette di analizzare in modo più accurato la sessione dopo l'allenamento, rendendo possibili considerazioni sui tempi in relazione allo stile di nuotata.

Frequenza cardiaca

Questo parametro, ampiamente richiesto dai nuotatori intervistati in una fase preliminare del progetto, consente di valutare l'intensità ed i regimi di allenamento. I parametri che ossono essere rilevati sono la frequenza cardiaca massima, la frequenza cardiaca minima e la frequenza cardiaca media in relazione all'intero allenamento o a determinate serie.

Regimi di allenamento

Questo parametro consente di valutare la corretta esecuzione di un lavoro dal punto di vista fisiologico, in particolare mostra la permanenza all'interno del range emtabolico prestabilito (livello di intensità) in base ai valori della frequenza cardiaca. I range metabolici variano in base all'età e al grado di preparazione della persona, e vengono stabiliti in relazione alla frequenza cardiaca massima. Di seguito riportiamo i valori di riferimento della frequenza cardiaca in abse all'età e regime di allenamento:

1. 50-60% della frequenza cardiaca per chi ha l'obiettivo di stare in forma e vuole perdere peso.
2. 60-70% della frequenza cardiaca massima per chi ha l'obiettivo di migliorare le prestazioni e per chi vuole bruciare i grassi.
3. 75-85% della FC massima per chi ja l'obiettivo di aumentare la potenza aerobica, per i principianti masismo 10 minuti, per gli agonisiti può durare fino ai 30 minuti.
4. 90-100% della frequenza cardiaca massima ha come obiettivo quello di tonificare e aumentare l'aerobica, è un allenamento molto intenso praticabile solo per poche decine di

secondi.

Allenamenti personalizzati

E' una funzionalità ampiamente richiesta sia da allenatori che da atleti che gradirebbero un software in grado di adattare gli esercizi e le serie in base all'obiettivo finale che essi vogliono raggiungere. La personalizzazione può essere caratterizzate da diversi obiettivi come la distanza, le ripetizioni, le zone di frequenza cardiaca o gli stili con difficoltà crescenti grazie alla presenza di algoritmi ad intelligenza artificiale.

04.6 Variabili di contesto

I dispositivi wearable, per essere considerati tali, devono avere delle caratteristiche specifiche ma, per essere idonei all'utilizzo in acqua, si aggiungono peculiarità legate al particolare contesto. Tra queste troviamo l'impermeabilità, il rilevamento e la trasmissione dei dati e l'interazione dell'utente con il dispositivo. Procediamo ora con una descrizione dettagliata di queste variabili.

Impermeabilità

Lo scopo di questo progetto è la realizzazione di un dispositivo wearable in grado di aumentare l'esperienza dell'utente, in particolare il nostro dispositivo sarà paragonabile ad un paio di occhiali intelligenti. Dovendo essere utilizzato in piscina (ma potenzialmente anche in acque aperte), il nostro dispositivo dovrà essere impermeabile. A livello internazionale esiste la classificazione IP, uno standard che ha il compito di stabilire il grado di protezione di un dispositivo contro l'accesso di polvere, corpi solidi e liquidi. Questa certificazione fu istituita dall'Istituto della Commissione Elettrotecnica Internazionale (IEC) e viene espressa mediante la sigla IPXX. La prima cifra identifica il livello di protezione contro l'accesso di corpi solidi come la polvere: la maggior parte dei dispositivi avrà una valutazione di 5 o 6, valore massimo attribuibile. La seconda cifra, invece, indica il livello di protezione contro l'infiltrazione di liquidi e gli viene attribuito un valore compreso tra 5 e 9, dove i dispositivi valutati con un numero maggiore o uguale a 7 sono quelli realmente impermeabili, anche se è bene ricordare che è impossibile raggiungere l'impermeabilità totale. Talvolta

CORPI SOLIDI

IP5X | Protetto contro la polvere

L'ingresso della polvere non è completamente impedito, ma non deve entrare in quantità sufficiente da interferire con il funzionamento soddisfacente dell'apparecchiatura.

IP6X | A tenuta di la polvere

Totalmente protetto contro l'ingresso di polvere, sabbia e in generale qualsiasi corpo solido di piccole dimensioni. Nessuna penetrazione di polvere: completa protezione dal contatto (a tenuta di polvere). Deve essere applicato il sottovuoto. Durata del test fino a 8 ore in base al flusso d'aria.

CORPI LIQUIDI

IPX7 | Protetto da immersione temporanea

Immersione fino ad un metro di profondità per massimo 30 minuti, non deve presentare penetrazione di acqua. Durata del test: 30 minuti - rif. IEC 60529, tabella 8. Testato tenendo il punto più basso dell'involucro a 1000 mm sotto la superficie dell'acqua, o il punto più alto a 150mm sotto la superficie, a seconda di quale sia il più profondo.

IPX8 | Protetto da immersione permanente

Condizioni di test in accordo con il produttore, ma più severe di IPX7. Durata maggiore o uguale a 30 minuti, tipicamente 24 ore. Profondità maggiore di 1 metro, solitamente superiore ai 3 metri.

IPX9 | Protetto contro i getti d'acqua ad alta pressione e a temperatura elevata

Pressioni d'acqua compresa tra 80 bar e 100 bar in tutte le direzioni ad alta temperatura ($T > 75^{\circ}\text{C}$). Durata del test per involucri minori o uguale di 250mm: 30 secondi in ciascuno dei 4 angoli (0° - 30° - 60° - 90°) 2 minuti totali su tavola rotante. Durata del test per involucri > 250 mm: 1 minuti per m^2 (minimo 3minuti).

è possibile trovare al posto di uno dei due valori la lettera X, la quale indica che il dispositivo non è stato testato per tale certificazione. Un altro parametro che è necessario considerare in relazione alla possibilità di immergere in acqua il dispositivo è quello della pressione. La pressione entra in gioco dal momento che l'acqua esercita una forza che aumenta con l'accrescere della profondità di immersione che può causare infiltrazione d'acqua all'interno del dispositivo. In riferimento a ciò, bisogna prendere in considerazione le atmosfere sopportate dal dispositivo (ATM) che corrispondono alla profondità alla quale questo può essere immerso senza subire danni. Dal momento che durante il gesto atletico della nuotata la pressione può variare per via del movimento, è necessario fare attenzione nella scelta di un dispositivo wearable, in quanto quelli che presentano una classificazione 1ATM e 3ATM non sono idonei al nuoto. Nella seguente tabella vengono riportate le informazioni utili al nostro scopo.

Connettività

I dati raccolti dai vari sensori presenti in un dispositivo wearable devono essere trasmessi per essere elaborati e visualizzati dai nuotatori o dai loro allenatori. Le tecnologie di riferimento in ambito sportivo sono principalmente due. Lo standard ANT+, standard wireless meno recente del Bluetooth e supportato da molte attrezzature sportive, macchinari fitness, accessori per il ciclismo e alcuni smartwatch specialistici. Il bluetooth stesso (BLE, Bluetooth Low Energy), standard più recente e comune a quasi tutti i dispositivi tecnologici recenti. Entrambe le tecnologie lavorano a 2.4 GHz, hanno uno scarso consumo di energia e garantiscono una comunicazione prova di interferenze. Per i motivi sopracitati sono le tecnologie maggiormente utilizzate per la trasmissione dati nel campo dei dispositivi wearable. La differenza di maggiore importanza tra le due tecnologie riguarda la possibilità di trasmissione a più ricevitori, che è possibile con il protocollo ANT+ ma non con quello BLE. La trasmissione di dati in acqua tuttavia porta con sé ulteriori problematiche, legate all'impossibilità di sfruttare al meglio le tecnologie sopra elencate. L'acqua rende difficoltosa la trasmissione wireless di dati dai sensori agli elaboratori, e da questi ai dispositivi di visualizzazione, come PC, tablet, smartphone e smartwatch.

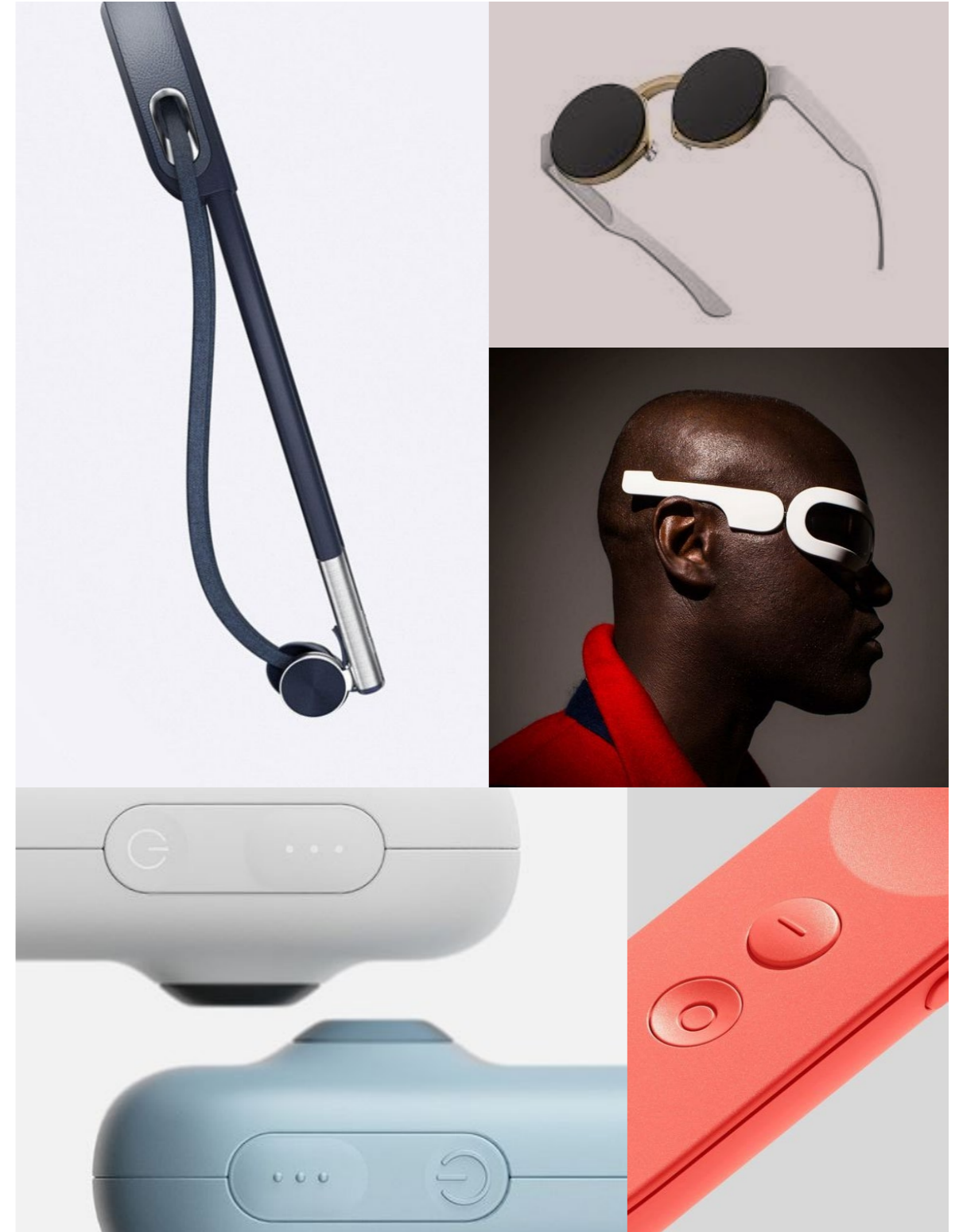
04.7 Definizione vincoli progettuali

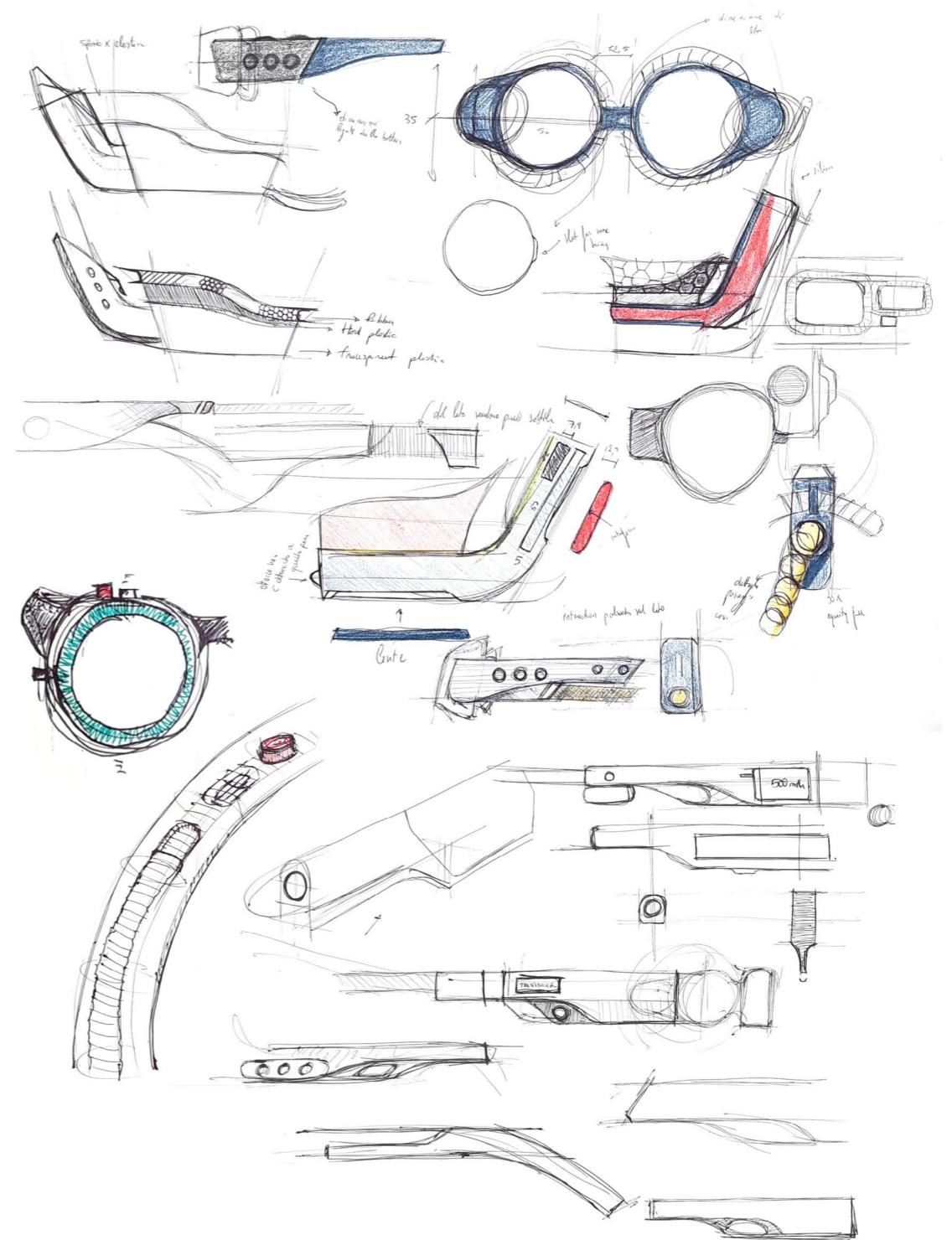
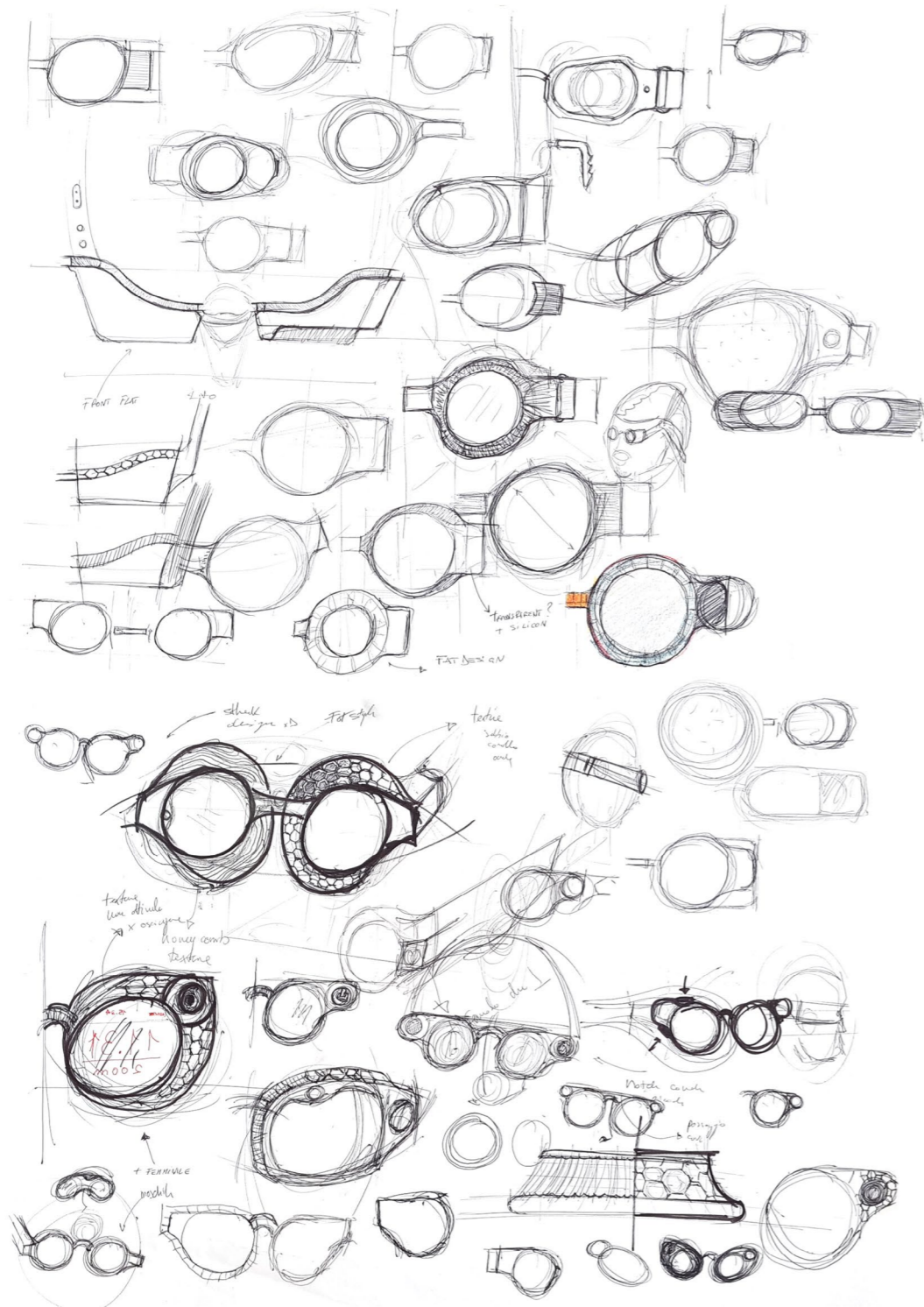
In conclusione, Hydrobeat saranno degli occhialini intelligenti pensati per nuotatori amatoriali che vogliono ricevere feedback sulla loro nuotata in tempo reale e che vogliono allenarsi ascoltando musica e podcast.

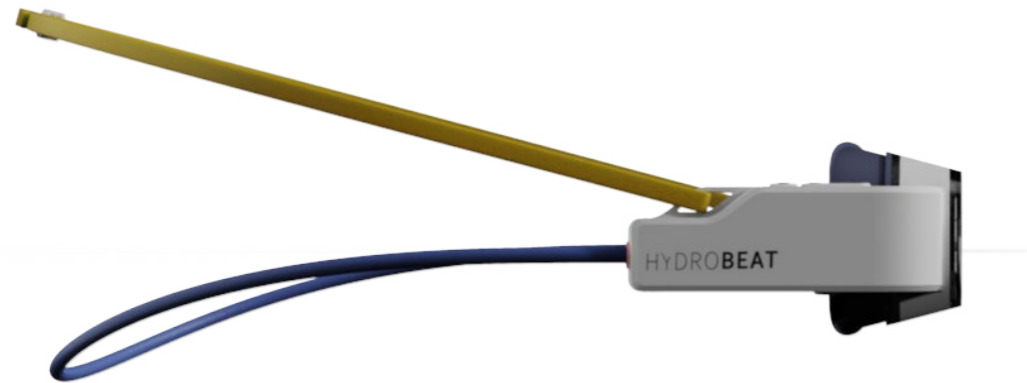
I nuotatori amatoriali nuotano prevalentemente in piscina ed occasionalmente in acque aperte. Il 55% percento di esse non sono seguite da un allenatore e questo aspetto, rende il loro allenamento noioso, monotono e ripetitivo, vista anche la loro inesperienza nella preparazione di allenamenti. L'età da considerarsi per il nostro target è superiore ai 35 anni, con una maggior presenza del genere femminile. Il risparmio economico ottenibile con il passaggio da un allenatore reale, soggettivo e inefficiente oggettivo e dedicato al singolo atleta. Infatti un atleta che è seguito da un allenatore partecipa a dei corsi, dei Master o di singole lezioni che vengono spesso organizzate in gruppi di atleti. Questo rende l'analisi di un allenatore poco precisa e dettagliata ed il tempo dedicato al singolo atleta è scarso. Al contrario, l'utilizzo della tecnologia permettere di raccogliere dati realtime, analizzarli e restituirli all'utente per tutta la durata dell'allenamento. Queste motivazioni sono sufficienti a motivare un prezzo finale al pubblico elevato: il prodotto deve risultare premium e con caratteristiche estetiche riconducibili al mondo dello sport.

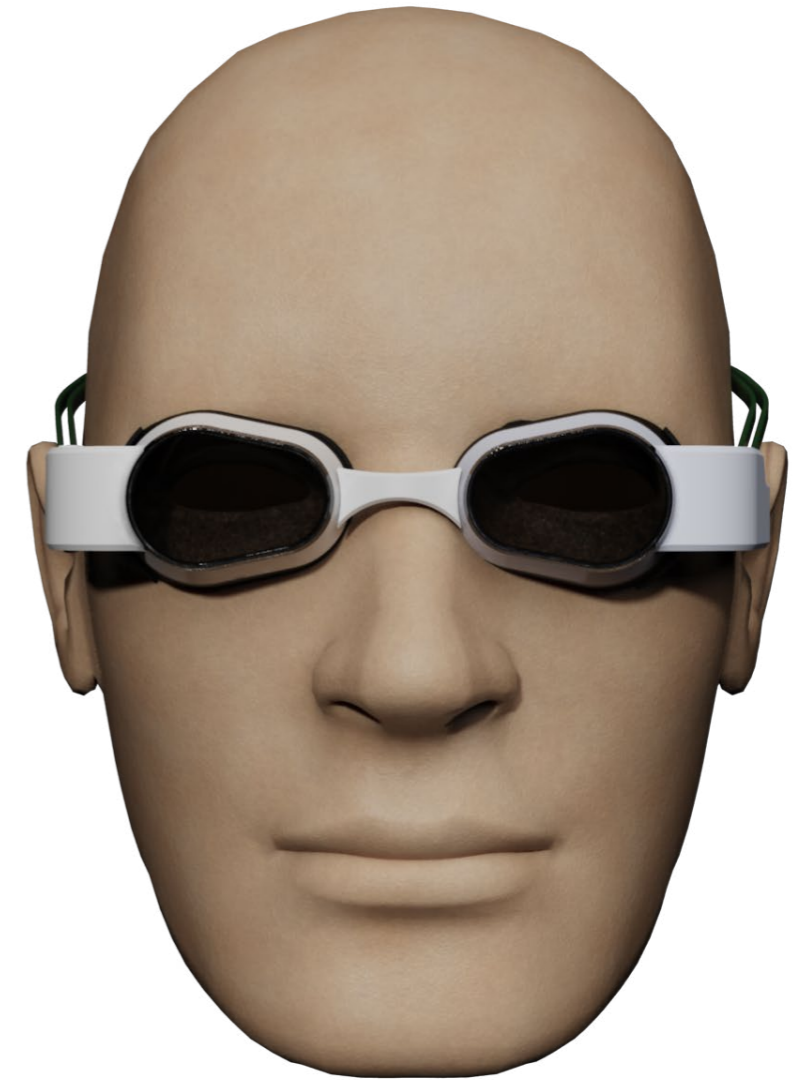
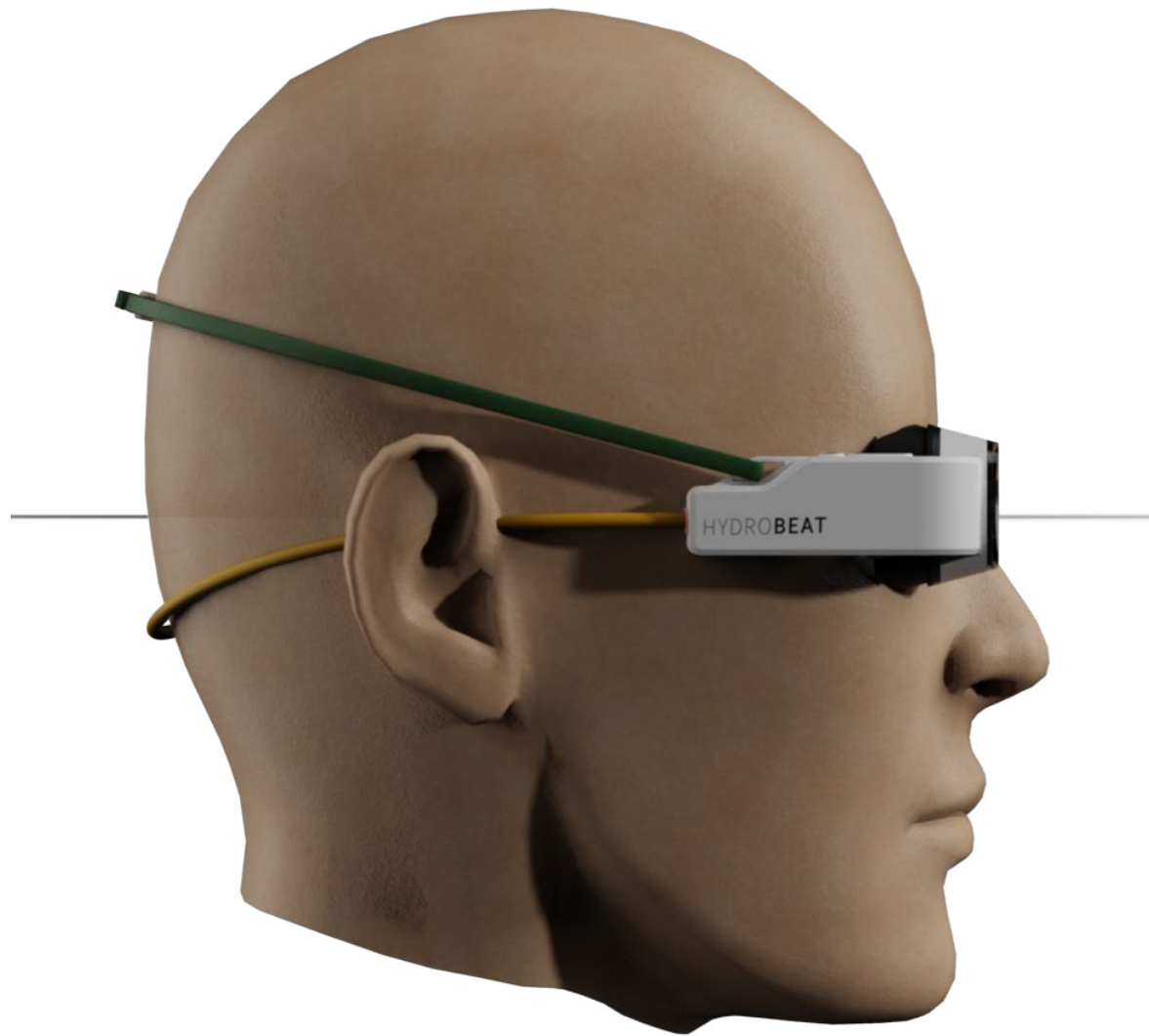
Per raccogliere, elaborare e trasmettere i dati sportivi sarà necessario dotare il dispositivo con un accelerometro, una memoria interna di archiviazione ed un trasmettitore bluetooth per la sincronizzazione dei dati sportivi con altri dispositivi. Per aggiungere le funzionalità di MP3 verrà utilizzato la tecnologia della conduzione ossea che permetterà la trasmissione fisica di vibrazioni attraverso le ossa del cranio.

Naturalmente il prodotto deve risultare impermeabile e rispettare l'indice normativo IP68. Il processo produttivo deve permettere la realizzazione di dettagli fini e risultare efficiente per una campionatura di diecimila unità. I materiali dovranno resistere all'ambiente della piscina e preservare una qualità estetica nel tempo, tenendo a mente che può capitare che l'utente utilizzi Hydrobeat anche in acque aperte.









05 Ingegnerizzazione

05.1 Identificazione componenti

I componenti del dispositivo si distinguono in componenti progettati e componenti standard acquistati. Della prima categoria fanno parte le scocche esterne degli occhialini, le lenti e il sistema di fissaggio in materiale elastico, mentre nella seconda categoria di componenti, rientrano la batteria, le componenti elettroniche installate sul PCB (progettata esternamente) e l'elastico degli occhialini, disponibile sul mercato in diverse colorazioni e finiture.

Componenti progettate

Le scocche hanno la funzione di garantire una protezione delle componenti elettroniche del dispositivo, assicurando che l'acqua non entri al suo interno, e di mantenerle nella

corretta posizione per un corretto rilevamento dei parametri. L'involucro esterno è composto da due scocche unite mediante un sistema di incastro. Al fine di evitare infiltrazioni d'acqua, è stata aggiunta una scanalatura al cui interno viene posizionata un guarnizione in gomma. Entrambe le scocche in questione presentano pulsanti e led RGB conferiscono feedback all'utente. I pulsanti di accensione sono realizzati mediante costampaggio, pertanto rimane impermeabile; la stessa tecnologia è stata usata per assicurare i led. Le scocche sono simmetriche per il lato destro ed il lato sinistro.

Lo studio delle dimensioni del dispositivo tiene in considerazione sia dell'ingombro delle componenti elettroniche sia gli studi antropometrici presentati precedentemente. In breve, sono stati analizzati studi di ergonomia del capo del 5° percentile femminile e del 95° percentile maschile.

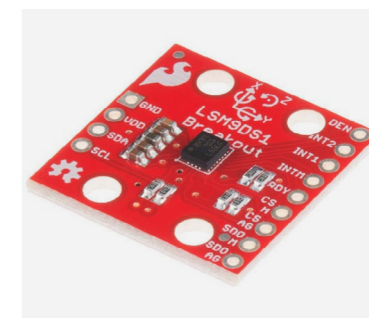
Per fissare il dispositivo all'utente si utilizza un elastico che, una volta in tensione, mantiene gli occhialini in posizione sul capo dell'utente, grazie all'aiuto delle guarnizioni posizionate intorno all'occhio.

Componenti standard comprati

Le componenti interne al dispositivo sono la scheda elettronica, l'accelerometro, il display, i trasduttori, l'elemento stereo, una memoria interna ed un modulo per la ricarica.

Lo sviluppo della scheda elettronica PCB (printed circuit board) è stata improntata verso la minimizzazione degli spazi e dei volumi per rendere l'aspetto morfologico-ergonomico del dispositivo il più indipendente possibile dall'aspetto funzionale. La scheda ha una dimensione di 29mm x 19mm su cui sono stati installati i moduli necessari al corretto funzionamento del dispositivo.

Per poter monitorare i risultati ed i progressi sportivi è necessaria l'introduzione di un sistema di misura inerziale (IMU), composto da un accelerometro, un giroscopio ed un magnetometro, che consentono di monitorare l'aspetto dinamico del corpo attraverso dati rilevati direttamente e dati elaborati tramite algoritmi. L'accelerometro che noi abbiamo scelto di utilizzare, considerando funzionalità offerte, costi e dimensioni, è LSM9DS1



5.1.1. LSM9DS1, ST



5.1.2. BLE 4.0 UART, OEM



5.1.3. 1674, Adafruit



5.1.4. PAM8430, Hiletgo



5.1.5. TTP223, ST

della ST. La raccolta dei dati relativi al battito cardiaco viene effettuata tramite dei moduli e sensori PPG, per cui noi abbiamo scelto di utilizzare ADPD144RI della analog device. I dati raccolti devono essere raccolti, analizzati e in un secondo momento, finito l'allenamento, trasmessi al proprio smarphone. Per realizzare ciò è dunque necessario introdurre un modulo bluetooth come il BLE 4.0 UART della OEM.

Per riprodurre la musica sono necessari diversi moduli. Come abbiamo accennato precedentemente, abbiamo deciso di utilizzare la tecnologia della conduzione ossea per la riproduzione della musica. Per questo motivo sono necessari due trasduttori piezoelettrici che creino vibrazioni che verranno percepite dall'utente come suoni tramite le ossa: il componente scelto è il 1674 della Adafruit. I brani ed i podcast sono memorizzati su una scheda Micro SD, preferita ad una memoria EEPROM per capacità di archiviazione. Il sistema musica ha ovviamente bisogno di un cervello, che verrà assemblato seguendo gli schemi del componente PAM8403 della Hiletgo.

Individuati tutti i componenti e moduli da installare sulla PCB, possiamo procedere con la scelta ed il dimensionamento della batteria, che oltre agli aspetti prettamente tecnici deve considerare criteri quali ergonomia ed esperienza.. Per i dispositivi wearable si preferiscono utilizzare batterie a litio per dimensioni ed ingombri contenuti e per la peculiarità di poter essere ricaricate. Considerando i dati ottenuti dalle interviste effettuate durante la ricerca progettuale, consideriamo una media di due allenamenti settimanali dalla durata di un'ora circa. Ricaricare i propri dispositivi elettronici risulta spesso noioso: dunque è nostro dovere considerare una batteria che consenta agli utenti di utilizzarle i propri occhiali senza doverli ricaricare ad ogni allenamento. Idealmente consideriamo una durata della batteria di circa 6h, che consentirebbe agli utenti di ricaricare il proprio dispositivo una volta ogni tre settimane. Per determinare la capacità della batteria è necessaria, è stata considerata la somma del consumo dei componenti elettronici, pari circa a 65 mA, e moltiplicata per l'autonomia desiderata. Al fine di includere nel conteggio anche eventuali fattori che potrebbero influenzare la durata della batteria ed errori di stima del consumo, è stato applicato un fattore correttivo al risultato

ottenuto.

$$\text{Capacità batteria (mAh)} = (65\text{mA} \times 6\text{h}) / 0,8 = 489 \text{mAh}$$

La batteria scelta, sigla LP601537, ha una capacità di 500mAh, in grado di garantire 6h di autonomia circa ed il cui ingombro è pari a 37 * 15 * 6 mm.

05.2 Scelta dei materiali e del processo produttivo

Procediamo ora con la selezione dei materiali, tenendo in considerazione i vincoli funzionali ed ergonomici per il nostro dispositivo, trasformando queste informazioni in vincoli progettuali.

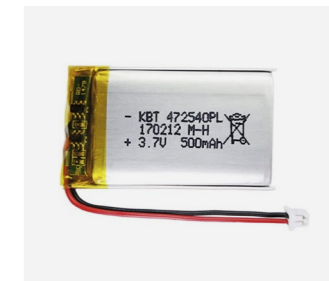
Il processo di selezione seguirà tre step di selezione. Inizialmente individueremo una classe di materiali che soddisfano al meglio le esigenze di progetto utilizzando il software CES (Cambridge Engineering Selector), successivamente analizzeremo la loro lavorabilità del materiale scelto. Infine consulteremo la nota "PRIMA Table" per definire il processo produttivo che meglio si presta ai volumi di produzione stimati.

Requisiti di contesto

Naturalmente gli occhiali che stiamo progettando devono resistere alle immersioni in piscina e resistere all'acqua contenente cloro, che ha una funzione disinfettante all'interno della piscina. Per questo motivo il materiale dovrà risultare idrorepellente e avere una buona durabilità a contatto con acqua con contenuto di cloro. Le caratteristiche da analizzare sono l'assorbimento dell'acqua, la resistenza all'acqua dolce e resistenza all'acido cloridrico (HCl) per cui è stato imposto un limite al 10% percentuale maggiore a quello del cloro contenuto nell'acqua delle piscine italiane, dove varia tra 0,7 e 1,5 ppm (parti per milione). Bisogna anche tenere in considerazione che questo dispositivo possa essere utilizzato in acque aperte e dunque il dispositivo deve essere sufficientemente resistente all'acqua salata. Potendo essere utilizzato in piscine all'aperto o in mare, i materiali devono risultare sufficientemente resistenti ai raggi UV.

Requisiti di utilizzo

Per garantire il maggior comfort possibile, specie per un



5.1.6. Battery

dispositivo wearable, è necessario realizzare il dispositivo il più leggero possibile, per questo motivo il parametro della densità risulta rilevante ed elemento di confronto. Per ottimizzare la selezione di un materiale utilizziamo un grafico i cui assi rappresentano il modulo elastico Y (asse Y) ed il prodotto della densità e del costo del materiale al Kg. Per avere delle pareti “stiffi and light” introduciamo un asse con uno slope value = 3.

Utenti target e mercato

Come abbiamo detto in precedenza, abbiamo scelto di realizzare un paio di occhialini da piscina intelligenti per nuotatori amatoriali, i quali hanno un età compresa tra i 35 ed i 65 anni. Questa tipologia di target ha a disposizione una maggior quantità di denaro per comprare un dispositivo che, a lungo andare, permetterebbe loro di risparmiare denaro per seguire lezioni con un istruttore o per comprare un MP3 subacqueo. L’aggiornamento costante del software con l’implementazione di nuovi allenamenti e la possibilità di aggiornare la propria libreria musicale sono funzionalità che ritarderanno l’obsolescenza di questi dispositivi. La personalizzazione e lo storico dei propri progressi sportivi saranno motivi di attaccamento al proprio paio di occhialini. Per questo motivo il costo ridotto non è un driver essenziale ma ovviamente, a parità di prestazioni funzionali ed estetiche, il costo del materiale (e del relativo processo produttivo) potrà determinare la scelta finale. L’aspetto estetico, influenzato anche dalla scelta del materiale e del processo produttivo deve tenere essere preso in considerazione per la progettazione del nostro dispositivo, il cui valore percepito dal mercato è stato essere medio-alto visto l’alto grado di innovazione. Inoltre, l’aspetto risulta spesso determinante quando un cliente deve scegliere tra due opzioni disponibili sul mercato.

Processo produttivo

Il costo di produzione del dispositivo dipende fortemente dal volume produttivo, che influenzerà in modo diretto il prezzo di vendita del dispositivo. Per sceglierlo, consultiamo la PRIMA Table che relazione i processi produttivi con i volumi di produzione. Il volume produttivo annuo stimato è superiore alle 10mila unità e si basa guardando al valore del mercato

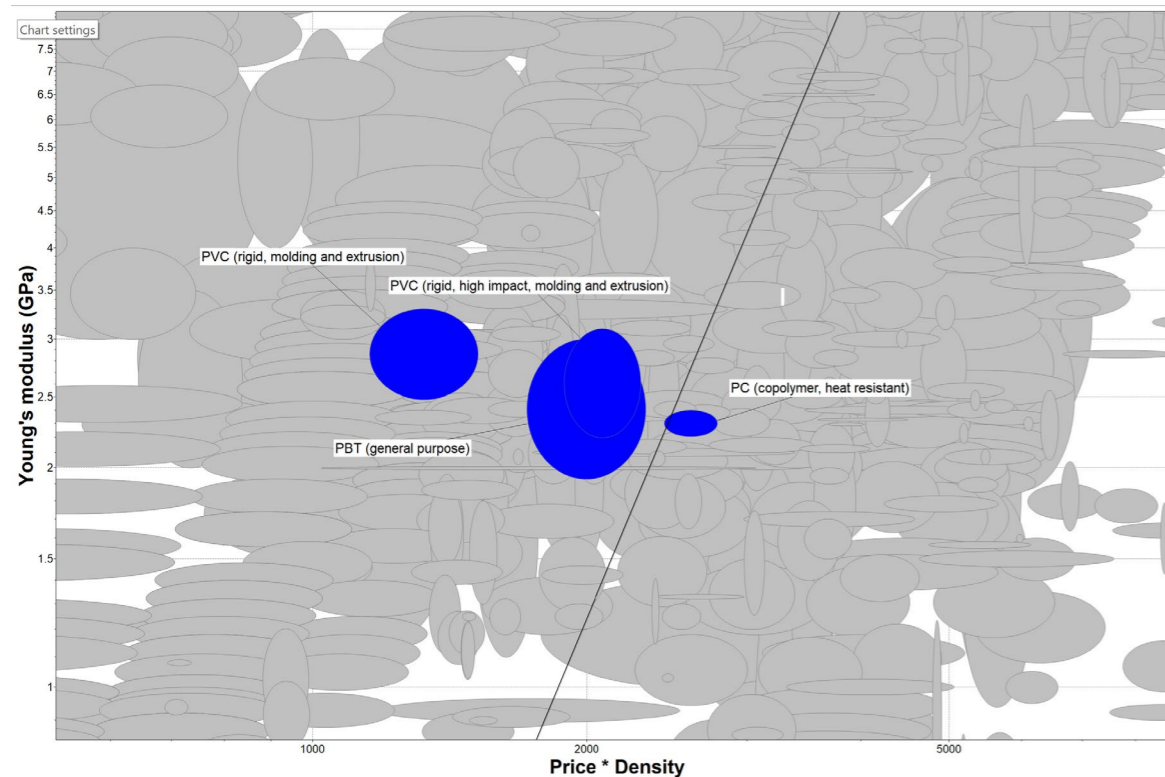
Note: The PRIMA selection matrix cannot be regarded as comprehensive and should not be taken as such. It represents the main common industrial practice but there will always be exceptions at this level of detail. Also, the order in which the PRIMAs are listed in the nodes of the matrix has no significance in terms of preference.

MATERIAL QUANTITY	IRONS	STEEL (carbon)	STEEL (tool, alloy)	STAINLESS STEEL	COPPER & ALLOYS	ALUMINUM & ALLOYS	MAGNESIUM & ALLOYS	ZINC & ALLOYS	TIN & ALLOYS	LEAD & ALLOYS	NICKEL & ALLOYS	TITANIUM & ALLOYS	THERMOPLASTICS	THERMOSETS	FR COMPOSITES	CERAMICS	REACTIVE METALS	PRECIOUS METALS
	VERY SMALL 1 TO 100	(1.6)(1.6) (1.7)(4.M)	(1.5)(1.7) (3.6)(4.M) (5.1)(5.5) (5.6)	(1.1)(1.7) (3.6)(4.M) (5.1)(5.5) (5.6)	(1.7)(3.6) (4.M)(5.1) (5.5)(5.6)	(1.5)(1.7) (3.6)(4.M) (5.1)	(1.5)(1.7) (3.6)(4.M) (5.1)(5.5)	(1.6)(1.7) (3.6)(4.M) (5.1)(5.5)	(1.1)(1.7) (3.6)(4.M) (5.5)	(1.1)(1.7) (3.6)(4.M) (5.5)	(1.1)(3.6) (4.M)(5.5)	(1.5)(1.7) (3.6)(4.M) (5.1)(5.5) (5.6)	(1.1)(1.6) (4.M)(5.1) (5.5)(5.6)	(2.2) (2.3)		(2.6)	(5.6)	
SMALL 100 TO 1,000	(1.2)(1.3) (1.6)(1.6) (1.7)(4.M) (5.3)(5.4)	(1.2)(1.3) (1.7)(3.6) (4.M)(5.1) (5.3)(5.4) (5.5)	(1.1)(1.7)(3.6) (4.M)(5.1) (5.3)(5.4) (5.5)	(1.2)(1.7) (3.6)(4.M) (5.1)(5.3) (5.4)(5.5)	(1.2)(1.3)(1.4) (1.7)(1.8)(3.3) (3.6)(4.M)(5.1) (5.3)(5.4)	(1.2)(1.3)(1.4) (1.7)(1.8)(3.3) (4.M)(5.3) (5.3)(5.4)	(1.3)(1.4) (1.7)(1.8) (3.6)(4.M) (5.5)	(1.1)(1.3) (1.7)(1.8) (3.6)(4.M) (5.5)	(1.1)(1.3) (1.7)(1.8) (3.6)(4.M) (5.5)	(1.1)(1.3) (1.7)(1.8) (4.M)(5.1) (5.3)(5.4)(5.5)	(1.2)(1.3)(1.5) (1.7)(3.6) (4.M)(5.1) (5.3)(5.4)(5.5)	(1.1)(1.6) (4.M)(5.1) (5.4)(5.5) (5.6)	(2.2) (2.3) (2.4)	(2.2)	(2.2)	(5.6)		(5.5)
SMALL TO MEDIUM 1,000 TO 10,000	(1.2)(1.3) (1.5)(1.6) (1.7)(3.7) (4.A)(5.5)	(1.2)(1.3) (1.7)(3.1)(3.2) (3.7)(4.A)(5.2) (5.3)(5.4)(5.5)	(1.2)(1.7)(3.1) (3.2)(3.7)(4.A) (5.2)(5.3) (5.4)(5.5)	(1.2)(1.7)(3.1) (3.2)(3.7)(4.A) (5.2)(5.3) (5.4)(5.5)	(1.2)(1.3)(1.4) (1.5)(1.8)(3.1) (3.2)(3.7)(4.A) (5.3)(5.4)(5.5)	(1.2)(1.3)(1.4) (1.5)(1.8)(3.1) (3.2)(3.7)(4.A) (5.3)(5.4)(5.5)	(1.3)(1.4) (1.6)(1.8) (3.1)(3.2) (4.A)(5.5)	(1.3)(1.4) (1.6)(1.8) (3.1)(3.2) (4.A)(5.5)	(1.3)(1.4) (1.6)(1.8) (3.1)(3.2) (4.A)(5.5)	(1.3)(1.4) (1.6)(1.8) (3.1)(3.2) (4.A)(5.5)	(1.3)(1.4) (1.6)(1.8) (3.1)(3.2) (4.A)(5.5)	(1.2)(1.3)(1.5) (1.7)(3.6) (4.A)(5.1) (5.3)(5.4)(5.5)	(1.1)(3.7) (2.2) (2.3) (2.4)	(2.2)	(2.2)	(5.2)		(5.5)
MEDIUM TO HIGH 10,000 TO 100,000	(1.2)(1.3) (3.7)(4.A)	(3.1)(3.2) (3.6)(4.A) (5.5)	(3.2)(3.3) (3.6)(4.A) (5.2)	(3.1)(3.2) (3.3)(3.7) (3.6)(4.A)	(1.2)(1.4) (3.1)(3.2) (3.3)(3.7) (3.6)(4.A)	(1.2)(1.3) (3.1)(3.2) (3.3)(3.7) (3.6)(4.A)	(1.3)(1.4) (1.6)(1.8) (3.1)(3.2) (4.A)(5.5)	(1.3)(1.4) (1.6)(1.8) (3.1)(3.2) (4.A)(5.5)	(1.3)(1.4) (1.6)(1.8) (3.1)(3.2) (4.A)(5.5)	(1.4)(3.2) (3.6)(4.A) (5.5)	(1.4)(3.2) (3.6)(4.A) (5.2)(5.5)	(3.7)(3.8) (4.A)(5.2) (5.5)	(2.1) (2.2) (2.3) (2.4)	(2.1) (2.2) (2.7)	(3.7)		(3.3)	
HIGH 100,000+	(1.2)(1.3) (3.7)	(3.1)(3.2) (3.6)(4.A) (4.A)			(1.2)(1.4) (3.1)(3.2) (3.3)(3.7) (3.6)(4.A)	(1.2)(1.3) (3.1)(3.2) (3.3)(3.7) (4.A)	(1.3)(1.4) (1.6)(1.8) (3.1)(3.2) (4.A)	(1.4)(3.2)					(2.1) (2.2) (2.7)	(2.1) (2.2) (2.7)		(3.7)		
ALL QUANTITIES	(1.1)	(1.1)(1.6) (3.4)(3.5)	(1.4)	(1.1)(1.6) (3.4)(3.5)	(1.1)(1.6) (3.4)(3.5) (5.5)	(1.1)(1.6) (3.4)(3.5)	(1.1)(3.4) (3.5)	(3.4)(3.5)				(1.1)(1.6) (3.4)(3.5)	(3.4)(3.5)			(5.5)	(1.4)	(1.6)

KEY TO MATRIX:

(1.1) SAND CASTING	(2.1) INJECTION MOLDING	(3.1) CLOSED DIE FORGING/ UPSET FORGING	(4.A) AUTOMATIC MACHINING	(5.1) ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING
(1.2) SHELL MOLDING	(2.2) COMPRESSION MOLDING	(3.2) COLD FORMING	(4.M) MANUAL MACHINING	(5.2) ELECTROCHEMICAL MACHINING
(1.3) GRAVITY DIE CASTING	(2.3) VACUUM FORMING	(3.3) COLD HEADING	(THE ABOVE HEADINGS COVER A BROAD RANGE OF MACHINING PROCESSES AND LEVELS OF CONTROL TECHNOLOGY. FOR MORE DETAIL, THE READER IS REFERRED TO REFERENCES ON THE INDIVIDUAL PROCESSES.)	(5.3) ELECTRON BEAM MACHINING
(1.4) PRESSURE DIE CASTING	(2.4) BLOW MOLDING	(3.4) SHEET METAL SHEARING		(5.4) LASER BEAM MACHINING
(1.5) CENTRIFUGAL CASTING	(2.5) ROTATIONAL MOLDING	(3.5) SHEET METAL FORMING		(5.5) CHEMICAL MACHINING
(1.6) INVESTMENT CASTING	(2.6) CONTACT MOLDING	(3.6) SPINNING		(5.6) ULTRASONIC MACHINING
(1.7) CERAMIC MOLD CASTING	(2.7) CONTINUOUS EXTRUSION (PLASTICS)	(3.7) POWDER METALLURGY		
(1.8) PLASTER MOLD CASTING		(3.8) CONTINUOUS EXTRUSION (METALS)		

PRIMA TABLE



CES EDUPACK
Material selection

Candidates
PBT, PC, PVC

europeo degli occhialini ed il numero di praticanti amatoriali di questo sport. I processi che si sono rilevati applicabili alla produzione di questo volume annuo sono lo stampaggio ad iniezione, lo stampaggio a compressione, la termoformatura sottovuoto, il soffiaggio e l'estrusione. Considerando il concept e le forme complesse delle scocche, che devono integrare gli alloggiamenti per i componenti elettronici, e il relativo livello di precisione necessario per garantire un corretto funzionamento del dispositivo, richiede che la precisione geometrica di realizzazione sia elevata. Per questo motivo escludiamo la termoformatura e lo stampaggio a compressione. La scelta finale ricade sullo stampaggio ad iniezione, processo che garantisce un guadagno economico per lotti superiori alle 10 mila unità, e permette di soddisfare i vincoli presentati in precedenza.

I parametri da tenere in considerazione sono dunque:

1. Idrorepellenza
2. Ottima resistenza a contatto prolungato con acqua e cloro
3. Buona resistenza all'acqua salata
4. Buona resistenza ai raggi UV
5. Non infiammabile o infiammabile in molto tempo
6. Realizzabile in injection molding

Dalla definizione dei vincoli progettuali, procediamo con la ricerca dei materiali sul software CES. Per i componenti della scocca principale i materiali che sono il PBT, PC, PLA, PS e PVC.

Lenti

Per la realizzazione delle lenti bisogna aggiungere il vincolo sulle caratteristiche ottiche, in particolare la trasparenza del materiale. Con l'introduzione del parametro relativo alla trasparenza ottica, i materiali più interessanti da approfondire sono PC, PLA e PVC.

Sistemi di fissaggio

Mentre per le componenti a contatto con l'utente bisogna cercare dei materiali elastici che si adattino all'anatomia umana: il materiale idoneo sarà dunque un elastomero. Per i sistemi di fissaggio e i componenti che saranno a contatto con il corpo umano, i materiali più adatti sono il PVC elastico, il

silicone ed il TPC.

Stampaggio ad iniezione

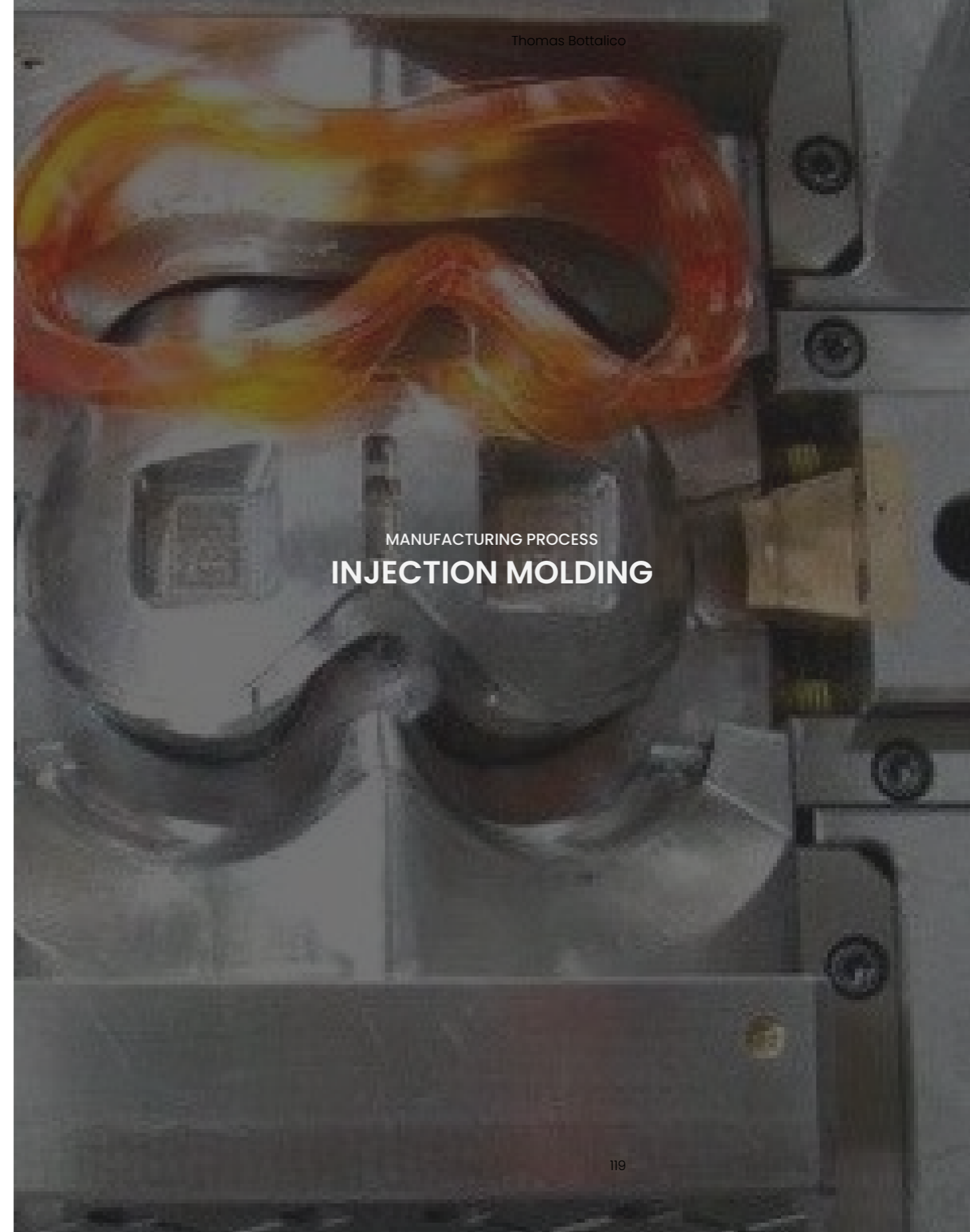
Per la progettazione dei componenti per lo stampaggio ad iniezione si è fatto riferimento a quanto riportato nel testo "design for manufacturability handbook", il quale elenca una serie di linee guida per evitare l'insorgere di problematiche in fase di stampaggio. I componenti realizzati mediante stampaggio ad iniezione sono caratterizzati da pareti sottili, con ridotte variazioni di sezione, accorgimento che consente di prevenire deformazione legate ai tempi di raffreddamento diversi. E' sconsigliato progettare parti che presentano spigoli o angoli vivi, questi devono essere infatti raccordati per permettere una maggiore stabilità del pezzo finito. Quando sono presenti superfici piane, è raccomandato utilizzare delle nervature all'interno delle parti stampate è sconsigliata, anche se vi sono delle situazioni in cui è possibile realizzarli. In generale, attraverso questo processo produttivo è possibile realizzare prodotti di forme complesse ed irregolari, oltre che di componenti che non richiedono un assemblaggio e/o finitura secondaria.

05.3 Ingegnerizzazione dei componenti

Procediamo ora con la descrizione degli elementi più tecnici ed ingegneristici dei nostri occhiali intelligenti. Verranno descritte le scelte progettuali effettuate, in relazione al materiale ed al processo produttivo. Bisogna inoltre considerare queste decisioni in relazione alle esigenze di assemblaggio del dispositivo che deve essere impermeabile e a contatto diretto con l'utente.

La forma

Lo sviluppo del dispositivo, per quanto riguarda l'aspetto esterno, è stato guidato da osservazioni legate alla funzionalità, all'ergonomia e all'estetica. Per quanto riguarda l'ergonomia, Hydrobeat è stato pensato per aumentare l'esperienza dell'utente nel modo più semplice possibile. I comandi analogici (due pulsanti) sono co-stampati insieme alle scocche principali e posizionati nella parte superiore della scocca destra. Il motivo è legato alla conoscenza e all'idea che l'utente ha di questi comandi. Dalle interviste, spiegando brevemente il progetto a



MANUFACTURING PROCESS
INJECTION MOLDING

parole, è emerso che le persone si immaginavano i comandi sul lato destro del dispositivo, come avviene d'altronde con altri dispositivi, come occhiali da vista intelligenti, auricolari (con e senza cavo). Inoltre, uno degli obbiettivi della fase di ingegnerizzazione, è quello di creare un prodotto dagli ingombri minimi che tenga in considerazione i principi suggeriti dalla prossemica. Per questo motivo abbiamo pensato a forme fluide che si integrassero bene con le forme del corpo, in questo caso del cranio, e che abbia dimensioni contenute in 127mm, distanza entro il quale gli oggetti vengono percepiti come parte integrante del corpo.

Un altro aspetto importante in questa fase di ingegnerizzazione è la disposizione dei componenti e l'architettura generale del prodotto, che incidono notevolmente sulla funzionalità del prodotto. Volendo posizionare i comandi analogici sul lato destro, è necessario che nella stessa scocca sia presente la scheda madre ed i relativi moduli elettrici. Il display ed il sistema di specchi come le porte USBc per caricare il dispositivo saranno quindi posizionate nel lato destro.

Dal punto di vista estetico, è importante trasmettere i valori di sport e di prestigio (essendo comunque un dispositivo che si collocherà in una fascia premium del mercato visto il suo alto grado di innovazione) per favorire la propensione all'utilizzo del dispositivo.

I componenti più interessanti, dal punto di vista dell'ingegnerizzazione del prodotto, sono quelli progettati per Hydrobeat, che comprendono due scocche, una lente e la guarnizione che entra in contatto con l'utente. Di questi elementi saranno analizzate le scelte progettuali effettuate, in relazione al materiale ed al processo produttivo scelto. Tali scelte sono state ovviamente dettate anche da esigenze di assemblaggio del dispositivo, che deve essere impermeabile e comodo nel suo utilizzo.

Body principale

Nella progettazione delle scocche si è cercato di sfruttare al meglio le opportunità (ed i limiti) offerti dal processo produttivo scelto, cercando di integrare al massimo le componenti funzionali.

Le scocche sono caratterizzate da uno spessore di parete

prevalentemente costante, per assicurare un raffreddamento omogeneo e quindi una scorsa probabilità di formazioni di deformazioni. Lo spessore utilizzato è 1,5 mm, parametro individuando seguendo le indicazioni per lo stampaggio ad iniezione di parti in PC (spessore compreso tra 1.02 mm e 3.81 mm). Solamente nella zona di giunzione delle scocche sono presenti dei cambi di sezione per consentire l'incastro tra le due parti. Nella zona dove è previsto l'incastro, le pareti della scocca inferiore presentano una cava, all'interno della quale è posizionata una guarnizione per scongiurare l'ingresso dell'acqua. La scelta della tipologia di guarnizione da utilizzare ha preso in considerazione il fatto che i due elementi interessati non necessitano di essere aperti durante l'utilizzo, pertanto abbiamo scelto di utilizzare delle guarnizioni statiche. Questa tipologia di guarnizione, assume la sua funzione sigillante una volta che le due scocche vengono unite, con quella superiore che va a comprimere la guarnizione in poliuretano.

All'interno delle scocche sono presenti una serie di nervature e alloggiamenti che hanno la duplice funzione di irrigidire la struttura e di consentire l'alloggiamento dei componenti e di mantenerlo in posizione. Lo spessore di queste nervature è pari a 0,75mm, ovvero 1/2 dello spessore delle pareti, mentre l'altezza è circa tre volte lo spessore.

Sia le pareti laterali che le nervature delle scocche presentano un angolo di sforno pari a 1°, sufficiente a favorire l'estrazione del pezzo a fine processo. Le basi di tali elementi sono raccordate con un raggio pari a 0,3mm di raggio. Le scocche del lato destro e del lato sinistro sono simmetriche ma presentano le stesse caratteristiche tecniche. Unica differenza tra lato destro e lato sinistro è la presenza di due pulsanti realizzati mediante costampaggio, processo produttivo che permette l'inserimento di elementi metallici che consentono il trasferimento del segnale elettrico.

Lente

Le lenti degli occhialini sono realizzate anch'esse con un processo di stampaggio ad iniezione. Le lenti, come la scocche principali, sono realizzate in policarbonato PC e lo spessore delle pareti rimane costante e pari ad 1,5 mm. L'unico cambio di sezione avviene nella zona perimetrale dove avverrà l'incastro con il corpo principale. Anche in questo elemento, nella zona di

incastro, è presente uno slot nella quale viene alloggiata una guarnizione sigillante per rendere impermeabile il dispositivo.

Sistemi di fissaggio e guarnizioni

Le guarnizioni sono realizzate in silicone con uno stampo ad iniezione. Lo spessore delle pareti è costante su tutto il prodotto ed è pari ad 1,5 mm e segue le indicazioni relative allo stampaggio ad iniezione di questo materiale (spessori compresi tra 0,258 mm e 50,8 mm). Le differenze di spessore si trovano solamente nelle parti di giunzione con gli altri componenti. In quelle zone lo spessore è pari al 50% dello spessore generale del componente, quindi pari a 0,75 mm.

In questo caso, grazie anche alla natura elastica del materiale, non è necessario utilizzare stampi a più movimenti come nel caso delle scocche precedentemente descritte.

05.4 UX/UI

Per rendere Hydrobeat un prodotto longevo è necessario progettare attentamente la sua esperienza utente ed il suo utilizzo considerandone il contesto di applicazione.

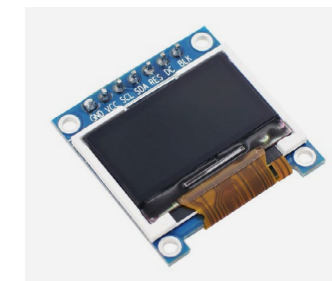
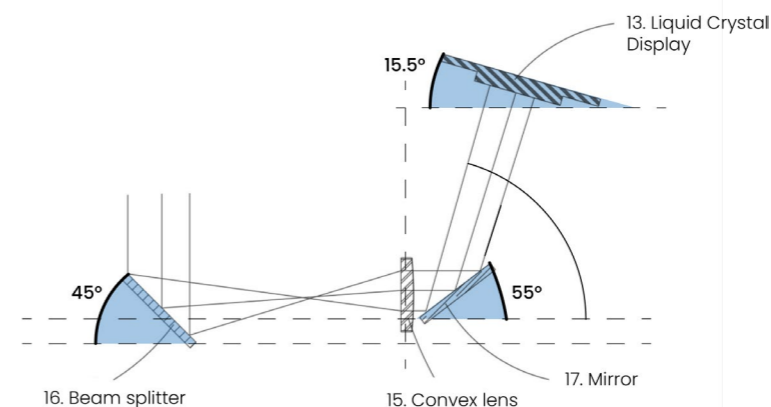
Per trasmettere le informazioni al nuotatore abbiamo deciso di proiettare le infografiche direttamente sulla lente destra degli occhialini. Essendo il display selezionato un display monocolori, è stato necessario definire quale colore fosse più adatto per il contesto di utilizzo in cui operiamo. Le piscine sono prevalentemente azzurre, raramente si trovano impianti con rivestimenti scuri. Per questo motivo abbiamo deciso di utilizzare un colore giallo-verde acceso che contrasta con il colore dell'acqua e dell'ambiente circostante. In questo modo i dati e le informazioni saranno accessibili e ben visibili in tempo reale. Per quanto riguarda la scelta del font e dello stile delle infografiche utilizzate, abbiamo scelto di utilizzare dei caratteri "dotted" (con dei pattern circolari), semplici da leggere, in particolare durante il compimento di un gesto atletico. La motivazione di questa scelta è dettata anche dall'insegnamento di T. Alley in "The measure of a man and a woman" (1993), che definisce questa tipologia di font (e stile) il migliore per questi scopi per la sua leggibilità.

Come abbiamo detto, le funzionalità di questo dispositivo

sono principalmente due: riprodurre file audio, come musica e podcast, e raccogliere dati sulla nuotata, elaborarli e comunicarli al nuotatore in tempo reale.

Dalla home principale è possibile navigare tra i vari menù (music, settings, swim and syncro) con due semplici pulsanti. Il pulsante minore è il comando con cui l'utente può sia accendere (o spegnere) il dispositivo o sospendere il display momentaneamente nel caso sia fastidioso per l'utente. Il secondo comando, più lungo rispetto al precedente, serve a navigare tra i menù, confermare determinate azioni / scelte e a tornare al menù principale. Successivamente analizzeremo questo pulsante più dettagliatamente per le varie funzionalità.

Procediamo ora con la descrizione delle diverse funzionalità di Hydrobeat.

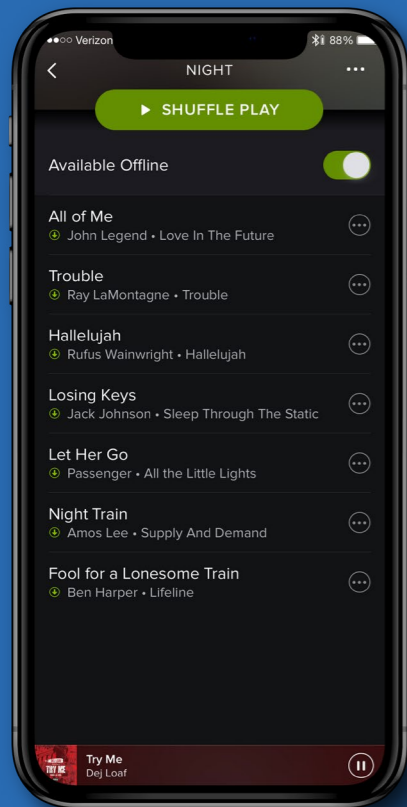


5.4.1. DM-TFT096-398, Display Module

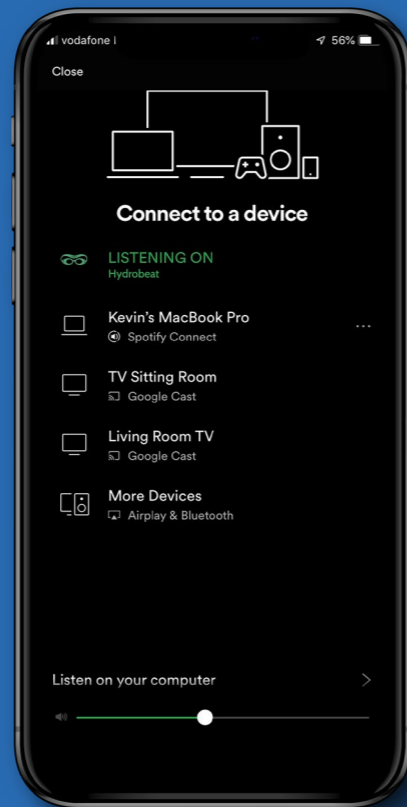
Musica

Selezionando questa funzione è possibile accedere alle funzioni MP3 del dispositivo. L'utente può navigare tra la libreria per scegliere il brano, album o playlist da riprodurre. Come abbiamo anticipato nei paragrafi precedenti, prima di entrare in acqua il nuotatore può sincronizzare ed aggiornare la propria libreria musicale direttamente dal suo smartphone: sarà sufficiente collegare Hydrobeat con il proprio dispositivo.

Dai pulsanti posizionati sulla superficie superiore del lato destro degli occhialini, l'utente può regolare il volume, stoppare ed andare al brano successivo o precedente. L'esperienza è ispirata ai comandi che troviamo solitamente sulle nostre cuffiette: in questo modo l'utente avrà già conoscenza dei



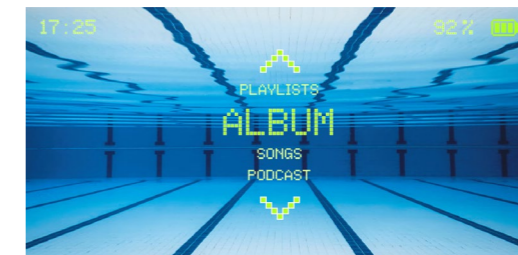
1. Download your favorite songs or podcast to play them offline



2. Connect your swimming goggles to your smartphone and update your library



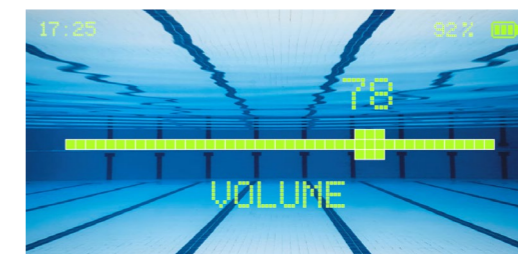
5.4.3 Schermata menù principale



5.4.4 Schermata della libreria musicale



5.4.5 Selezione del file audio da riprodurre



5.4.6 Regolazione del volume



5.4.7 Schermata della traccia in riproduzione

comandi e velocizzerà la creazione di un legame utente-dispositivo.

Swim

Da questa sezione, il nuotatore può regolare tutte le impostazioni relative al proprio allenamento. Al primo accesso, verrà chiesto di creare un profilo utente al quale verranno collegate informazioni basi utili ad una raccolta dati più fedele ed alla creazione di allenamenti personalizzati e specifici. Le informazioni richieste saranno riguardanti il sesso, l'altezza, il peso e l'età.

Successivamente viene chiesto al nuotatore che tipo di allenamento si voglia effettuare e per quale scopo. Migliorare la distanza, dimagrire, aumentare la velocità, recuperare da un infortunio sono solo alcuni esempi. L'utente sceglierà se seguire l'allenamento consigliato dall'allenatore virtuale oppure potrà seguire la funzione challenge, per cui dovrà cercare di completare gli esercizi indicati raggiungendo gli obiettivi prefissati per superare dei livelli. In questo caso, l'approccio del game design, rende ogni allenamento unico, dinamico e coinvolgente, senza aver bisogno di seguire allenamenti ad orari prestabiliti con un allenatore per molti atleti.

Prima di cominciare, verranno presentati tutti gli esercizi da svolgere durante la sessione di allenamento: non appena l'atleta inizierà a nuotare, Hydrobeat comincerà a raccogliere dati. Questi dati vengono elaborati internamente grazie alla presenza di accelerometri ed hardware dedicati che raccolgono, analizzano e trasmettono i dati in pochissimo tempo. Queste informazioni vengono proiettate dal display e, grazie ad un gioco di rifrazione con specchi e lenti convesse, le immagini arriveranno sulla lente degli occhiali. Le informazioni dell'allenamento visibili possono scorrere a tempo definito o essere impostate dall'utente precedentemente dal menù settings / preferences.

I dati raccolti si dividono in informazioni relative alla vasca o alla sessione d'allenamento

- Numero di vasche: il numero delle vasche effettuate durante l'esercizio o durante tutta la sessione. La dimensione della vasca (25 o 50m) deve essere impostata dal menù settings prima

dell'allenamento.

- Tempo per percorrere una vasca: tempo impiegato dall'atleta per percorrere 25 o 50 metri, a seconda della piscina

- Numero di bracciate: l'accelerometro riesce a capire autonomamente lo stile di nuotata grazie all'andamento delle coordinate spaziali nel tempo.

- Indice di asimmetria: indice utile al nuotatore per comprendere gli errori e migliorare il suo rollio con posizioni maggiormente idrodinamiche

- Indice di asimmetria media

- Velocità media: calcola la velocità media di nuotata, relativa all'esercizio corrente o alla media della sessione d'allenamento

- Indice SWOLF, valore assoluto che calcola l'efficienza della nuotata rapportando il numero di bracciate alla distanza percorsa ed in che tempo.

- Angolo di entrata, ovvero l'angolo della mano mentre è sottacqua ed esegue la bracciata

- Virata: l'accelerometro è in grado di raccogliere ed elaborare dati per suggerire tecniche al nuotatore per migliorare questo fondamentale

Tra i dati relativi alla sessione di allenamento troviamo i seguenti.

- Il tempo medio per una vasca: il software calcola il tempo medio impiegato dal nuotatore per percorrere una vasca

- Distanza percorsa ogni bracciata: indica quanti metri vengono percorsi per ogni bracciata

- Numero medio di bracciate: calcola il numero di bracciate eseguite per percorrere una specifica vasca,

output

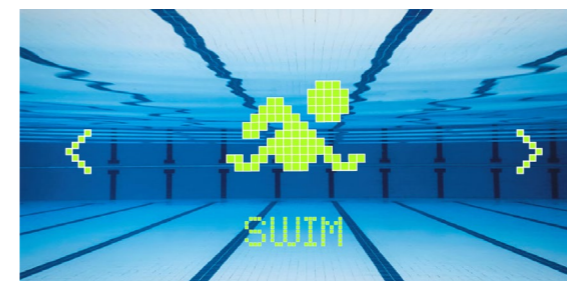
TRAINING INFO

Lap indexes

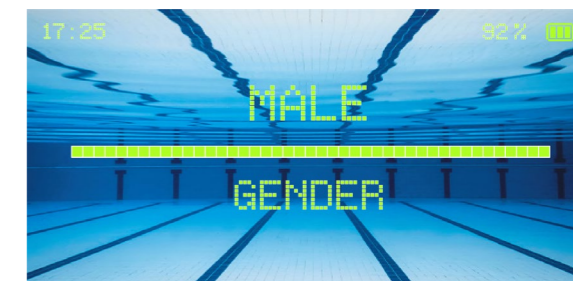
- Number of laps
- Time of each lap
- Number of strokes
- Time per strokes
- Asymmetry index
- Mean asimmetry index
- Mean speed
- Inversion duration
- inversion efficiency
- SWOLF
- Pitch
- Roll
- Mean pitch
- Mean roll

Session indexes

- Mean time of inversion
- Mean time for a lap
- Distance per stroke
- Mean stroke variability
- Mean session
- Mean speed
- Total time
- Mean pitch per session
- Mean roll per session
- Mean SWOLF



5.4.9 Schermata menù principale



5.4.10 Selezione del genere



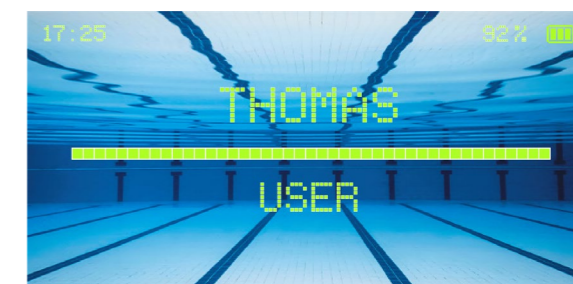
5.4.11 Selezione dell'età



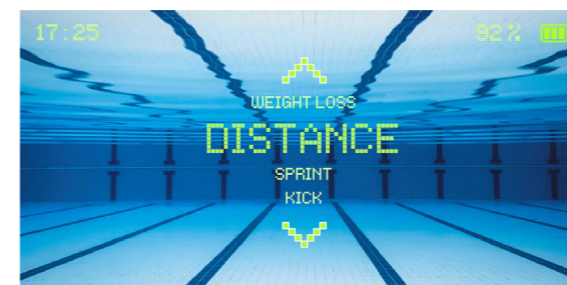
5.4.12 Selezione dell'altezza



5.4.13 Selezione del peso



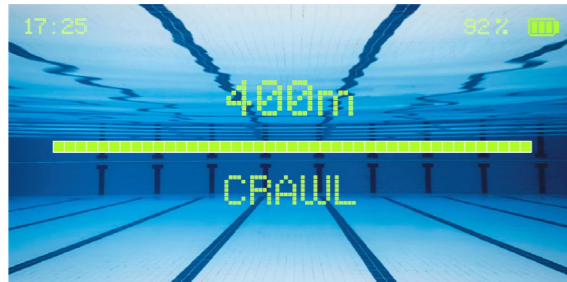
5.4.14 Creazione del profilo



5.4.15 Selezione degli obiettivi



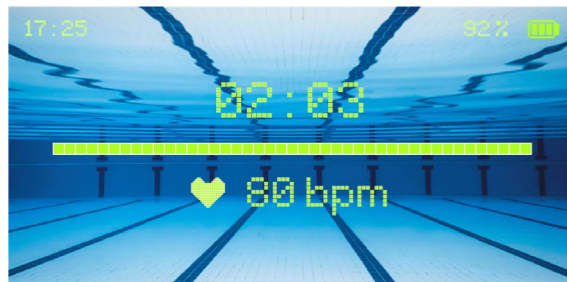
5.4.16 Selezione del livello di difficoltà



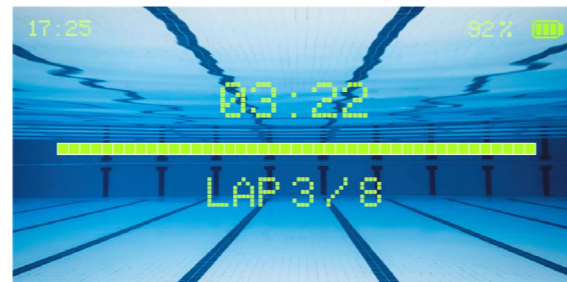
5.4.17 Presentazione esercizio



5.4.18 Schermata in uso



5.4.19 Schermata in uso, tempo e battito cardiaco



5.4.20 Schermata in uso, tempo e conteggio vasche



5.4.21 Schermata in uso, tempo di riposo



5.4.22 Schermata completamente esercizio



5.4.23 Schermata con indice SWOLF



5.4.24 Feedback finali

- Velocità media: indica la velocità media di un nuotatore temporanea o assoluta

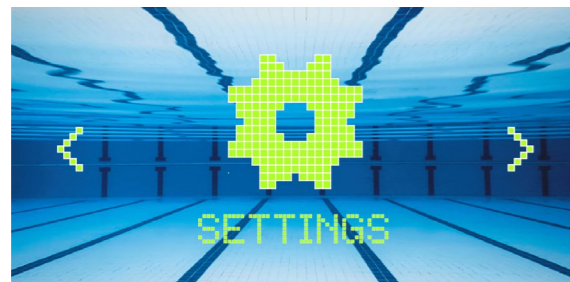
- Angolo di entrata media: indice medio dell'angolo con cui una mano entra in acqua e con cui esegue la bracciata

- Indice di rollio medio: indica il valore medio del rollio di un nuotatore durante l'esercizio o la sessione di allenamento

- Indice SWOLF medio: indica l'efficienza della nuotata medio: E' un valore assoluto, privo di unità di misura.

L'allenamento prosegue e una volta terminato un esercizio o la sessione di allenamento, Hydrobeat renderà all'utente dei feedback relativi alla sua performance sportiva, mostrandogli anche i progressi ottenuti. Può essere che il software consigli all'utente qualche video e/o articoli che spiegano come migliorare i progressi sportivi.

Finito l'allenamento, l'atleta potrà condividere i dati della sessione direttamente al suo smartphone (o dispositivo) tramite bluetooth. Oggi sul mercato esistono numerose applicazioni per smartphone e smartwatch per analizzare la prestazione sportiva: Hydrobeat si propone come dispositivo collegabile a queste app esterne e grazie al quale sarà possibile raccogliere dati nella maniera più fedele possibile.



5.4.25 Schermata del menù generale



5.4.26 Navigazione del menù



5.4.31 Schermata menù principale



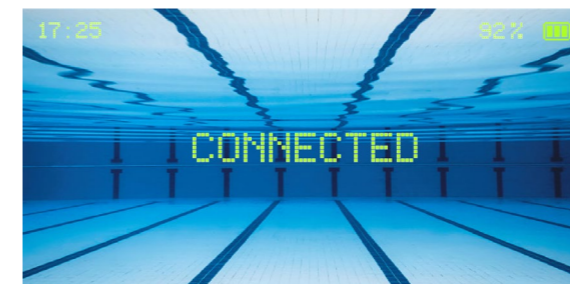
5.4.32 Schermata collegamento dispositivo



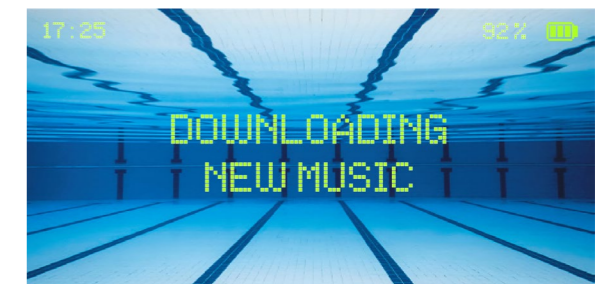
5.4.27 Selezione dimensione piscina



5.4.28 Regolazione luminosità



5.4.33 Schermata collegamento riuscito



5.4.34 Schermata aggiornamento libreria



5.4.29 Selezione della lingua



5.4.30 Attivazione del bluetooth

Settings

Da questo menù, l'utente può regolare le impostazioni del dispositivo per rendere i propri occhialini ancora più personali. L'utente potrà scorrere nel menù tra le varie voci, e potrà regolare impostazioni generali quali la lingua, la data e l'ora, la luminosità, potrà attivare o disattivare il bluetooth, utile per collegare gli occhialini ad altri dispositivi. L'utente potrà anche impostare la lunghezza della vasca della piscina per aiutare il software a raccogliere i dati sportivi in modo corretto.

Syncro

L'ultima sezione del menù è dedicata alla sincronizzazione e la condivisione di file e dati tra gli occhialini ed altri dispositivi. Selezionando il comando "collega il dispositivo", l'utente può iniziare a ad aggiornare la propria libreria musicale (o audio in generale) ed i propri progressi sportivi.

conclusioni

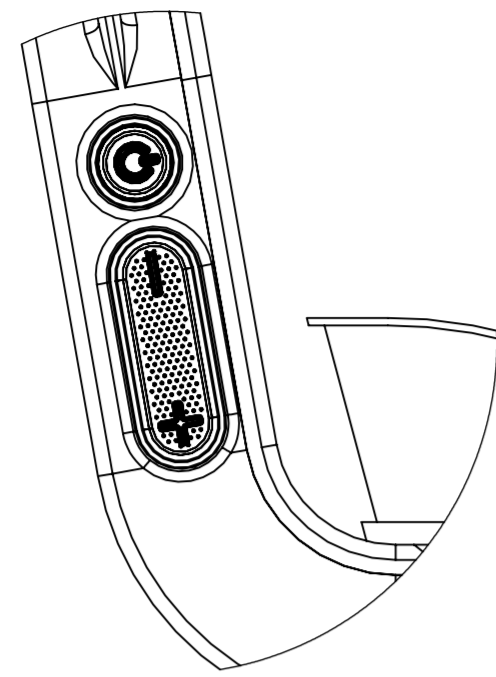
Hydrobeat si presenta come vera e propria innovazione nel mondo del nuoto amatoriale e non solo. L'obiettivo del progetto è quello di creare un dispositivo wearable in grado di monitorare una sessione di allenamento di nuoto, campo in cui la tecnologia è limitata ad una cerchia ristretta di atleti, e restituire un feedback chiaro agli atleti. Hydrobeat è progettato per nuotatori amatoriale che nuotano prevalentemente in piscina e hanno un'età superiore ai 35 anni. Questi occhialini supportano gli atleti come farebbero gli allenatori tradizionali, se non meglio. Oggi un allenatore osserva gli allenamenti a bordo vasca e deve restituire un feedback a gruppi numerosi di atleti. È intuitivo comprendere come questi pareri possano essere soggettivi e superflui. In questo senso la tecnologia ci viene incontro, restituendo feedback oggettivi, dettagliati ed in tempo reale. La creazione di allenamenti personalizzati e sfide sempre nuove e stimolanti sono aspetti che rendono il nuoto, a detta di molti intervistati, meno noioso e monotono. Dal punto di vista degli atleti, la possibilità di condividere i propri progressi e risultati con altri utenti, rappresenta un incentivo per spingersi oltre i propri limiti, oltre che per continuare ad allenarsi con continuità. Queste innovazioni, unite all'integrazione delle funzionalità MP3 all'interno del dispositivo, rendono Hydrobeat un prodotto premium, rappresentativo nella sua estetica. Ascoltare la musica rende gli allenamenti più divertenti e coinvolgenti, e stimolano l'utente ad allenarsi maggiormente. L'industria dei dispositivi wearable è in rapida evoluzione ma raramente il mondo del nuoto è stato coinvolto, se non con dispositivi multifunzionali dedicati ad un'élite e non possono essere considerate soluzioni definitive. La fase di ingegnerizzazione del dispositivo, ha cercato qualche risposta sull'effettiva realizzabilità di Hydrobeat, dimostrando che attraverso l'integrazione di competenze provenienti da mondi differenti è possibile realizzare un dispositivo di questo tipo.

bibliografia

1. S. Openshaw et al., Ergonomic and design, a reference guide, Allsteel Inc. , 2006
2. A. R. Tilley, H. Dreyfuss, The measure of a man and a woman, 1993
3. H. Kim et al. , Facial Anthropometric Dimensions of Korean and their association with fit of quarter-mask respirators, 2022
4. T. J. Albin, Peter Vink, A method superior to adding percentiles when only limited anthropometric data such as percentile tables are available for design models, 2014
5. I. Buchem et al. , Gamification Designs in wearable enhanced learning for healthy ageing, 2015
6. F. Gemperle et al., Design for wearability, Institute for Complex Engineered Systems, Carnegie Mellon University, 1998
7. C. Zeagler, Where to Wear It: Functional, Technical, and Social Considerations in On-Body Location for Wearable Technology 20 Years of Designing for Wearability; in International Symposium on Wearable Computers, 2017
8. V. Ferraro, M. O. Ingaramo, When human body meets technology; in A Matter of Design, Proceedings of the 5th STS Italian Conference, 2014
9. R. Fensli et al., Sensor acceptance model, measuring patient acceptance of wearable sensors, in Methods of Information in Medicine, 47(1), 2008
10. V. Ferraro, S. Ugur, Designing wearable technologies through a user centered approach, in DPPI '11: Proceedings of the 2011 Conference on Designing Pleasurable Products and Interfaces, June 2011
11. Totter A. Bonaldi D., Majoe Dennis, Human-centered approach to the design and evaluation of wearable sensors, Framework and Case Study, 2011
12. Fensli R., Boisen E., Human Factors Affecting the Patient's Acceptance of Wireless Biomedical Sensors, in Biomedical Engineering Systems and Technologies, 2008
13. M. Bächlin, G. Tröster, Swimming performance and technique evaluation with wearable acceleration sensors, Wearable Computing Laboratory, Pervasive and mobile computing, 2011
14. D.A. James, N. Davey, T. Rice, An Accelerometer Based Sensor Platform for InsituElite Athlete Performance Analysis, in Sensors, 2004 IEEE, 3, 2004
15. T. Le Sage et al., Development of a real time system for monitoring of swimming performance, in 8th Conference of the International Sports Engineering Association, 2010
16. P.Siirtola, P- Laurinen, J. Röning, Efficient Accelerometer-Based Swimming Exercise Tracking, in 2011 IEEE Symposium on Computational Intelligence and Data Mining (CIDM), 2011
17. M. Cardinale, M.C. Varley, Wearable Training-Monitoring Technology: Applications, Challenges, and Opportunities, International Journal of Sports Physiology and Performance, 12, 2017
18. F.A. de Magalhaes, G. Vannozzi, G. Gatta, S. Fantozzi, Wearable inertial sensors in swimming motion analysis: a systematic review, Journal of Sports Sciences, 2015
19. A. Giovanardi et al., L'utilizzo dei sensori inerziali nell'analisi biomeccanica del nuoto, La tecnica del nuoto, 2013
20. Jason Ride et al., A sports technology needs assessment for performance monitoring in swimming, in 6th Asia-Pacific Congress on Sports Technology (APCST), 2013
21. P.L. Invernizzi, B. Romagialli, Nuotare giocando 3 - La didattica nell'apprendimento della tecnica natatoria, Carabà Universitaria, Milano, 2005
22. J. Bralla, Design for Manufacturability Handbook, McGraw-Hill Professional, 1998

sitografia

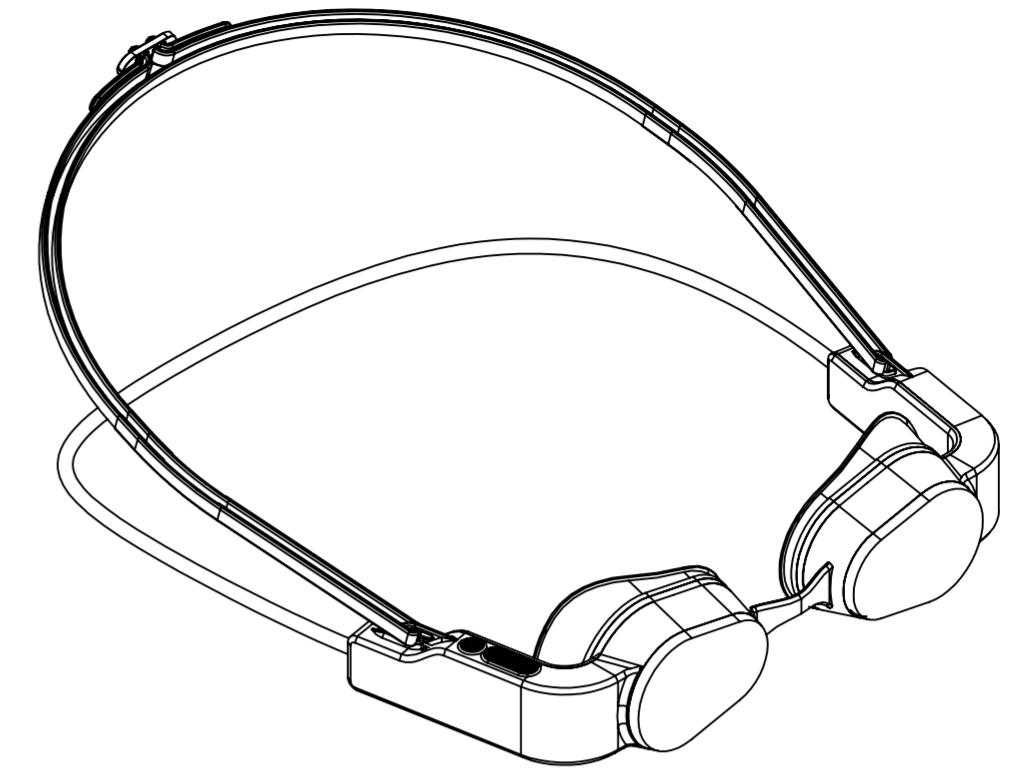
1. <https://www.cibo360.it/sport/>
2. [https://www.ohga.it/tecniche e stili del nuoto/](https://www.ohga.it/tecniche-e-stili-del-nuoto/)
3. [https://www.gardensportingcenter.it/stili di nuoto/](https://www.gardensportingcenter.it/stili-di-nuoto/)
4. [https://www.garmin.com/stili di nuoto/](https://www.garmin.com/stili-di-nuoto/)
5. <https://valencell.com/heart-rate-monitor-location-matters/>
6. [https://www.real-world-physics-problems.com/physic of swimming](https://www.real-world-physics-problems.com/physics-of-swimming)
7. <https://hellasveronablog.wordpress.com/fondamentali/>
8. <https://nuotounostiledivita.it/>
9. <https://federnuoto.it/>
10. <https://www.finlombardia.eu/>
11. <https://www.cochlear.com/>
12. [https://www.lbmsport.it/cuffie conduzione ossea/](https://www.lbmsport.it/cuffie-conduzione-ossea/)
13. <https://tecnologia.libero.it/>
14. <https://www.spedoo.com/>
15. https://www.arenasport.com/it_it/
16. <https://www.finisswim.com/>
17. <https://www.swim4lifemagazine.it/>
18. <https://www.nonsolofitness/sport/nuoto>
19. <https://www.nuotomania.it/>



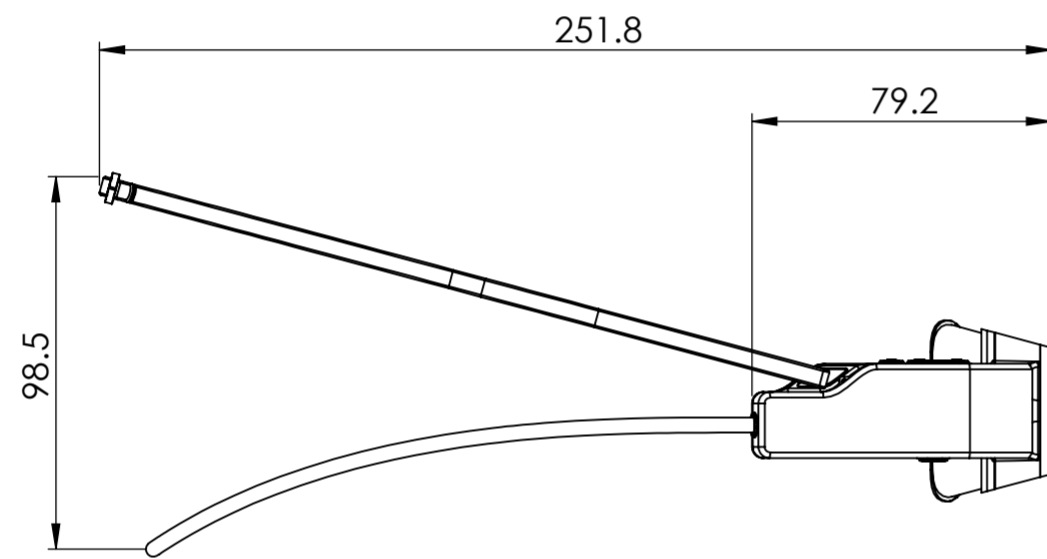
DETAIL A
SCALE 2 : 1



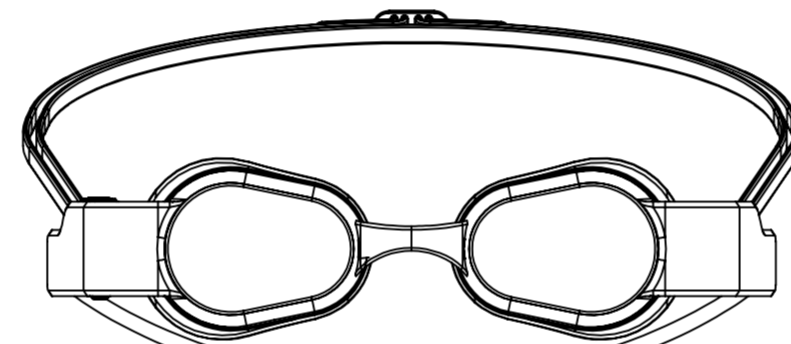
TOP VIEW



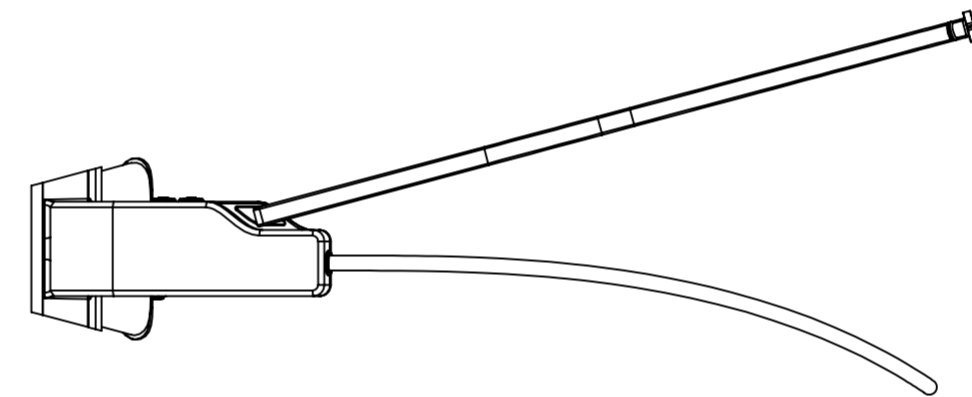
LEFT VIEW



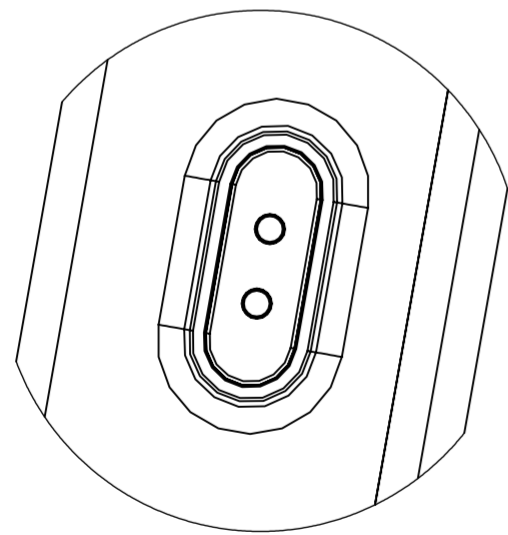
RIGHT VIEW



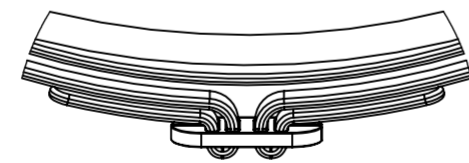
FRONT VIEW



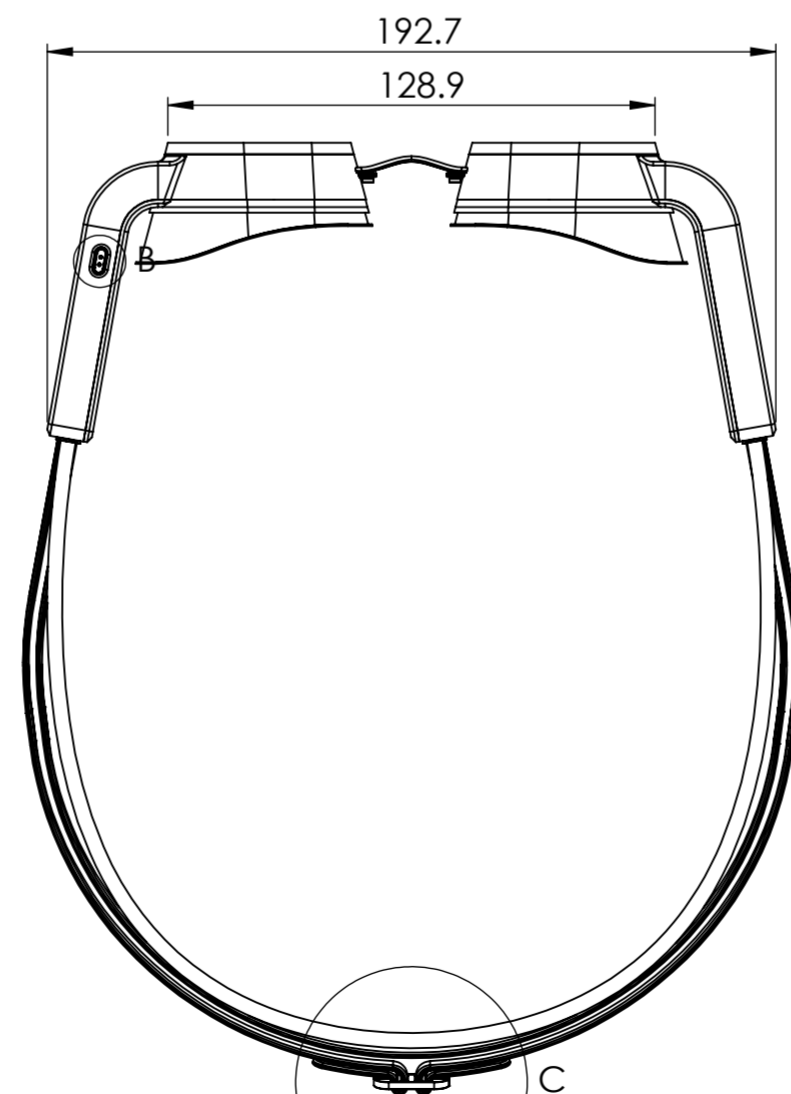
LEFT VIEW



DETAIL B
SCALE 5 : 1



DETAIL C
SCALE 1 : 1



BOTTOM VIEW

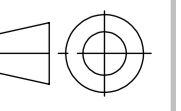
Quotes are in mm
Missing quotes are available in the 3D model file

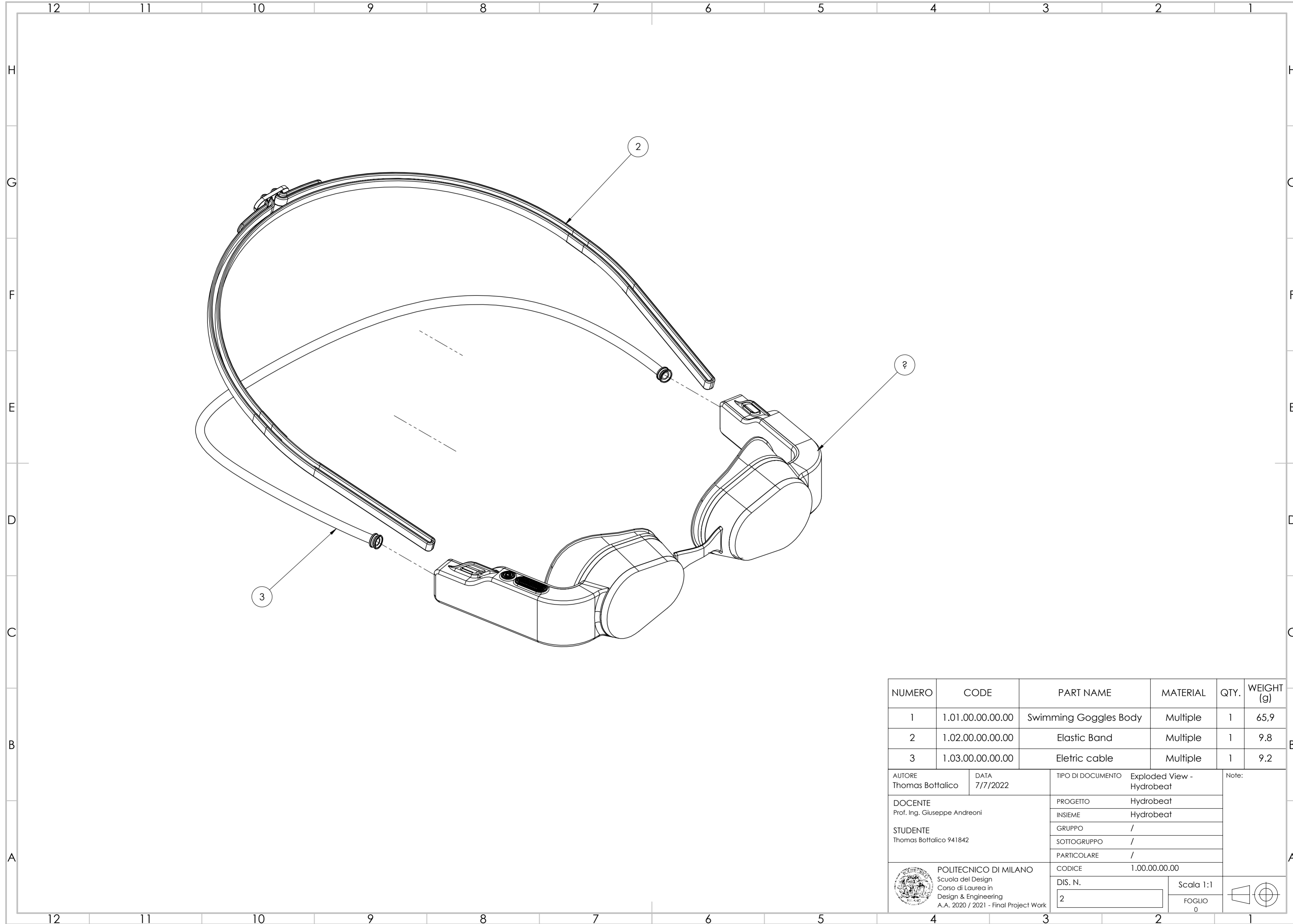
ITEM NO.	CODE	PART NAME	MAKE/BUY	MATERIAL	MANUFACTURING	QTY.
1	1.01.00.00.00.00	Swimming Goggles Body	Make	Multiple	Multiple	1
2	1.02.00.00.00.00	Elastic Band	Buy	Multiple	Multiple	1
3	1.03.00.00.00.00	Gasket Cable	Make	Multiple	Multiple	2

AUTORE Thomas Bottalico	DATA 7/7/2022	TIPO DI DOCUMENTO General Assembly Hydrobeat	Note:
DOCENTE Prof. Ing. Giuseppe Andreoni	PROGETTO Hydrobeat	INSIEME /	
STUDENTE THOMAS BOTTALICO 941842	GRUPPO /	SOTTOGRUPPO /	
	PARTICOLARE /	CODICE 1.00.00.00.00.00	
	DIS. N. 1	Scala 1:2	
		FOGLIO 0	



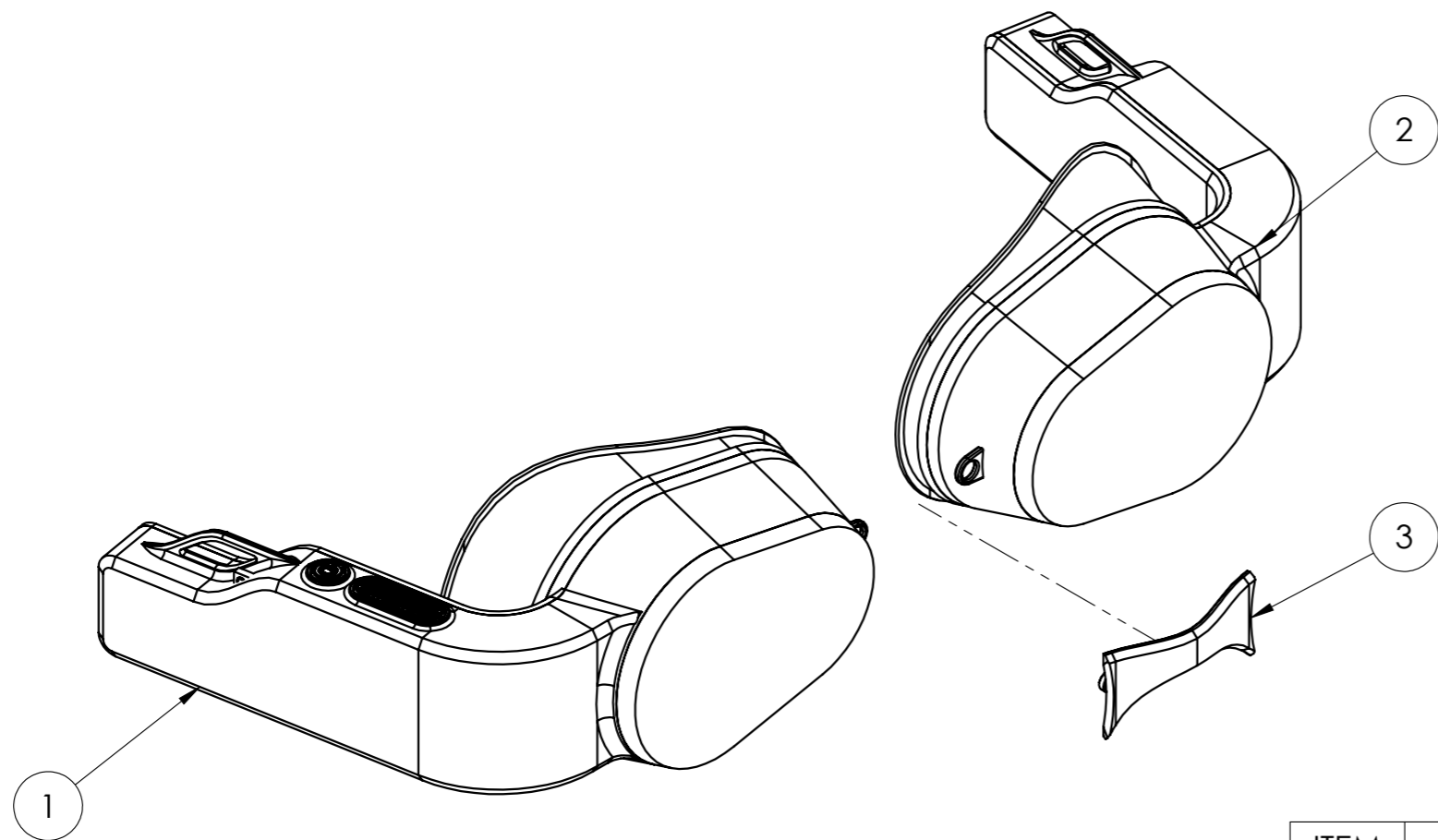
POLITECNICO DI MILANO
Scuola del Design
Corso di Laurea in
Design & Engineering
A.A. 2020 / 2021 - Final Project Work




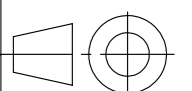


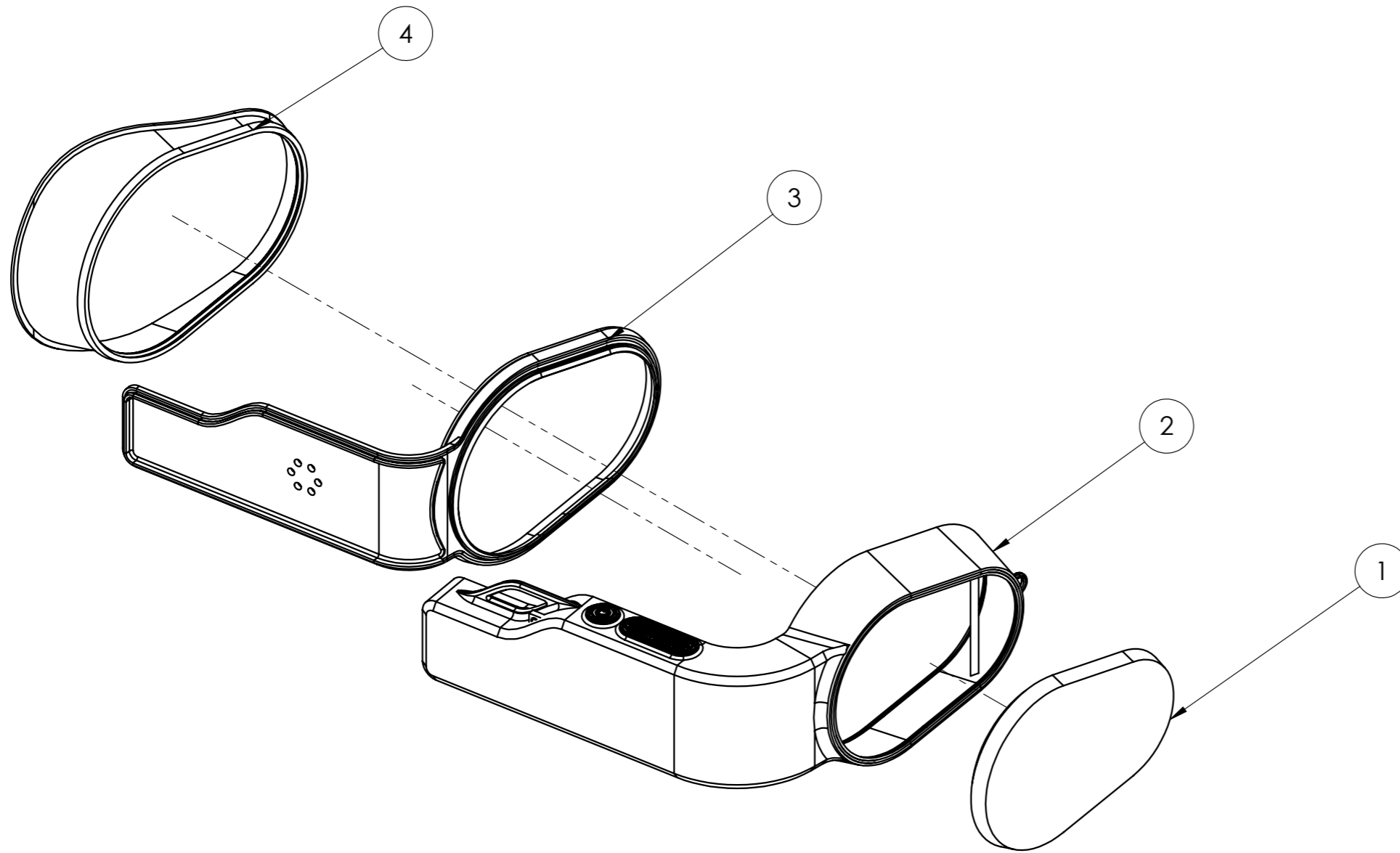
NUMERO	CODE	PART NAME	MATERIAL	QTY.	WEIGHT (g)
1	1.01.00.00.00.00	Swimming Goggles Body	Multiple	1	65,9
2	1.02.00.00.00.00	Elastic Band	Multiple	1	9,8
3	1.03.00.00.00.00	Eletric cable	Multiple	1	9,2

AUTORE Thomas Bottalico	DATA 7/7/2022	TIPO DI DOCUMENTO Exploded View - Hydrobeat	Note:
DOCENTE Prof. Ing. Giuseppe Andreoni	PROGETTO Hydrobeat	INSIEME Hydrobeat	
STUDENTE Thomas Bottalico 941842	GRUPPO /	SOTTOGRUPPO /	
	PARTICOLARE /	CODICE 1.00.00.00.00	
	DIS. N. 2	Scala 1:1	
POLITECNICO DI MILANO Scuola del Design Corso di Laurea in Design & Engineering A.A. 2020 / 2021 - Final Project Work		FOGLIO 0	


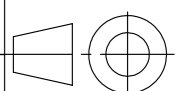


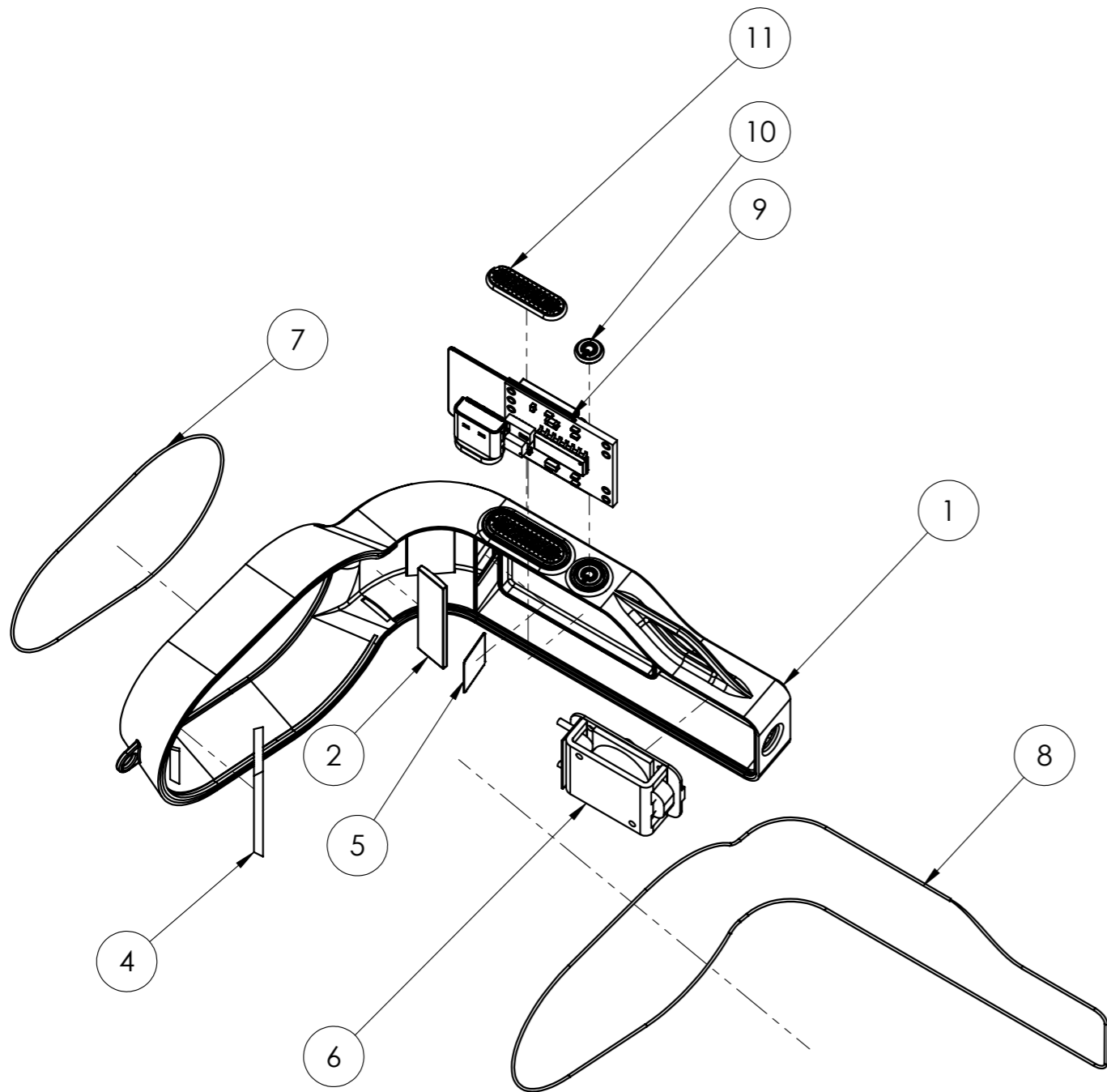
ITEM NO.	CODE	PART NAME	MATERIAL	QTY.	WEIGHT (g)
1	1.01.01.00.00.00	Right Side	Multiple	1	32
2	1.01.02.00.00.00	Left Side	Multiple	1	35
3	1.01.03.00.00.00	Nose Bridge	PC	1	0.4

AUTORE Thomas Bottalico	DATA 7/7/2022	TIPO DI DOCUMENTO Exploded View - Swimming goggles body	Note:
DOCENTI Prof. Ing. Giuseppe Andreoni	PROGETTO Hydrobeat		
STUDENTE Thomas Bottalico 941842	INSIEME Hydrobeat		
	GRUPPO Swimming goggles body		
	SOTTOGRUPPO /		
	PARTICOLARE /		
	CODICE /		
 POLITECNICO DI MILANO Scuola del Design Corso di Laurea in Design & Engineering A.A. 2020 / 2021 - Final Project Work	DIS. N. 3	Scala 1:1	
		FOGLIO 0	


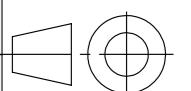


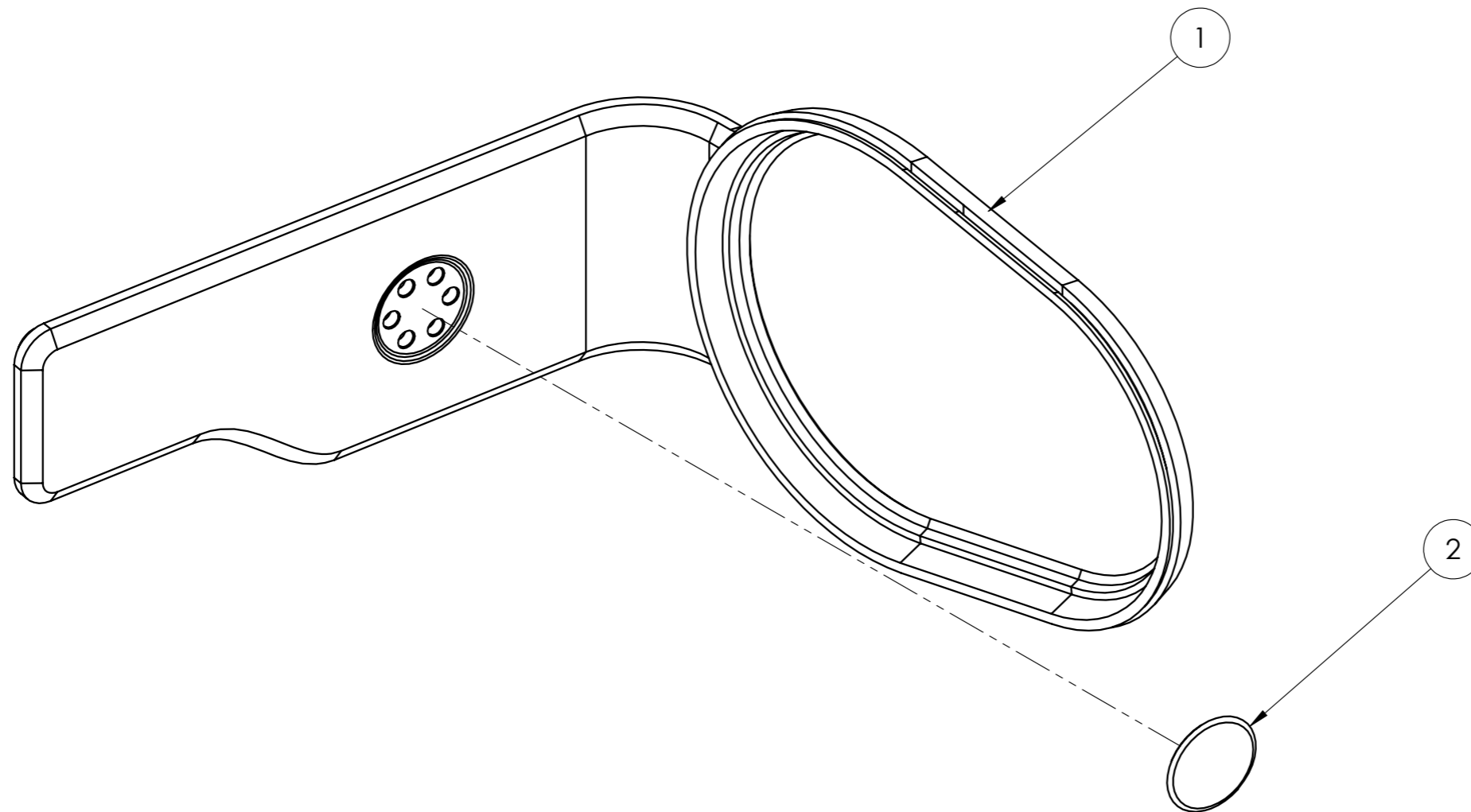
ITEM NO.	CODE	PART NAME	MATERIAL	QTY.	WEIGHT (g)
1	1.01.01.01.00.00	Right Lens	PC	1	2.6
2	1.01.01.02.00.00	Body	PC	1	23.3
3	1.01.01.03.00.00	Support Body	TPU	1	3.3
4	1.01.01.04.00.00	Gasket	Silicone	1	1.3


AUTORE Thomas Bottalico	DATA 7/7/2022	TIPO DI DOCUMENTO Exploded View - Right Side	Note:	
RELATORE Prof. Ing. Giuseppe Andreoni	PROGETTO Hydrobeat	INSIEME Hydrobeat		
STUDENTE Thomas Bottalico 941842	GRUPPO Swimming goggles body	SOTTOGRUPPO Right Side		
	PARTICOLARE /			
	CODICE 1.01.01.00.00.00			
 POLITECNICO DI MILANO Scuola del Design Corso di Laurea in Design & Engineering A.A. 2020 / 2021 - Final Project Work		DIS. N. 4	Scala 1:1 FOGLIO 0	

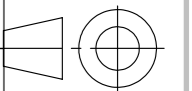


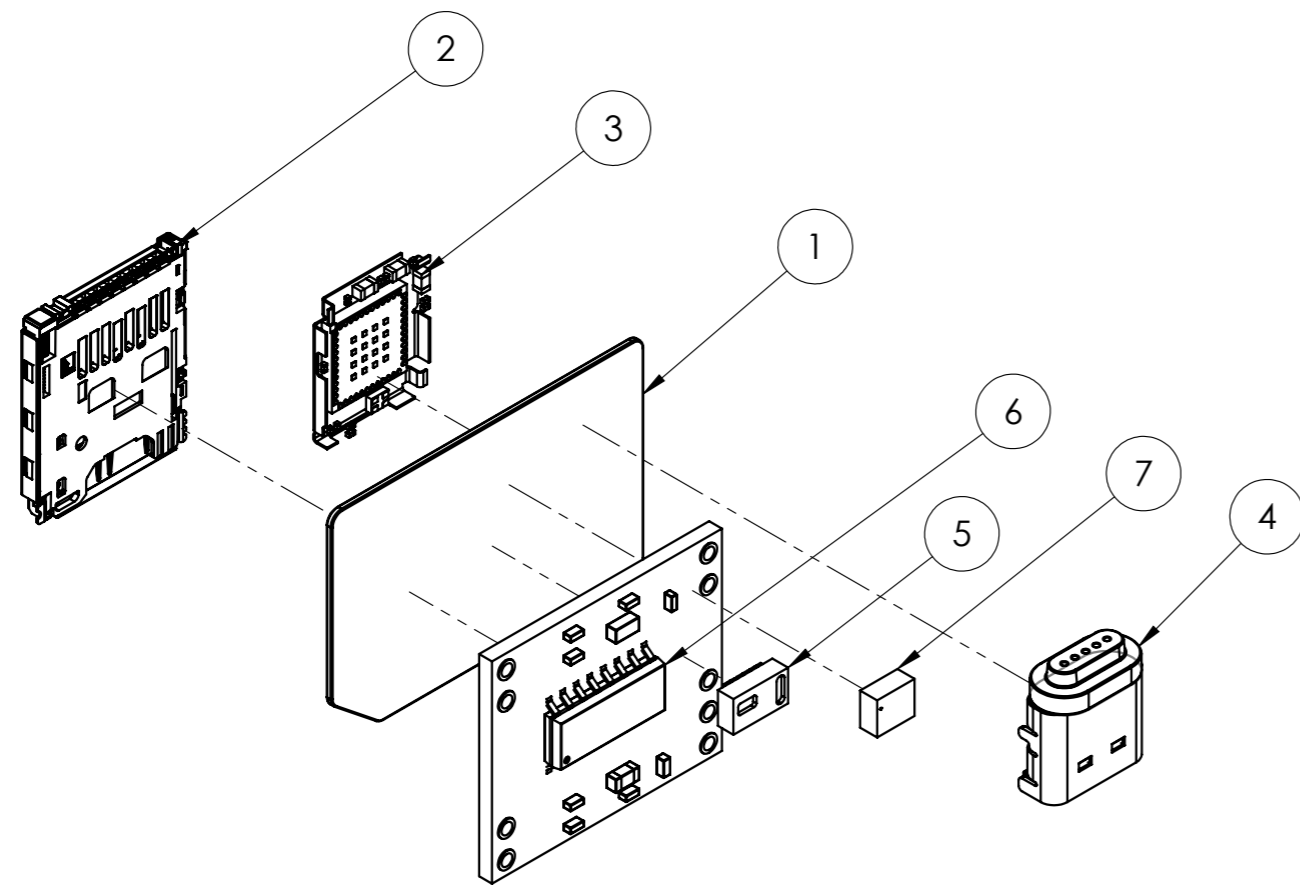
ITEM NO.	CODE	PART NUMBER	MATERIAL	QTY.	WEIGHT (g)
1	1.01.01.02.01.00	Right body	PC	1	8.8
2	1.01.01.02.02.00	Convex Lens	Glass	1	0.2
3	1.01.01.02.03.00	Optical Lens	Glass	1	0.2
4	1.01.01.02.04.00	45degree lense	Glass	1	0.3
5	1.01.01.02.05.00	Display_DM-OLED029-665	Multiple	1	0.3
6	1.01.01.02.06.00	Transducer 1674	Multiple	1	9.8
7	1.01.01.02.07.00	Front Gasket	PU	1	0.3
8	1.01.01.02.08.00	Back Gasket	PU	1	0.6
9	1.01.01.02.09.00	PCB	Multiple	1	4.4
10	1.01.01.02.10.00	Power button	Silicone	1	0.2
11	1.01.01.02.11.00	Large Button	Silicone	1	0.4
12	1.01.01.02.12.00	USBc Charger	Multiple	1	0.8

AUTORE Thomas Bottalico	DATA 7/7/2022	TIPO DI DOCUMENTO Exploded View - Right Body	Note:
RELATORE Prof. Ing. Giuseppe Andreoni	PROGETTO Hydrobeat	INSIEME Hydrobeat	
STUDENTE Thomas Bottalico 941842	GRUPPO Swimming goggles body	SOTTOGRUPPO Right Side	
	PARTICOLARE Right Body		
	CODICE 1.01.01.02.00.00		
 POLITECNICO DI MILANO Scuola del Design Corso di Laurea in Design & Engineering A.A. 2020 / 2021 - Final Project Work		DIS. N. 5	Scala 1:1
		FOGLIO 0	


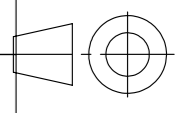


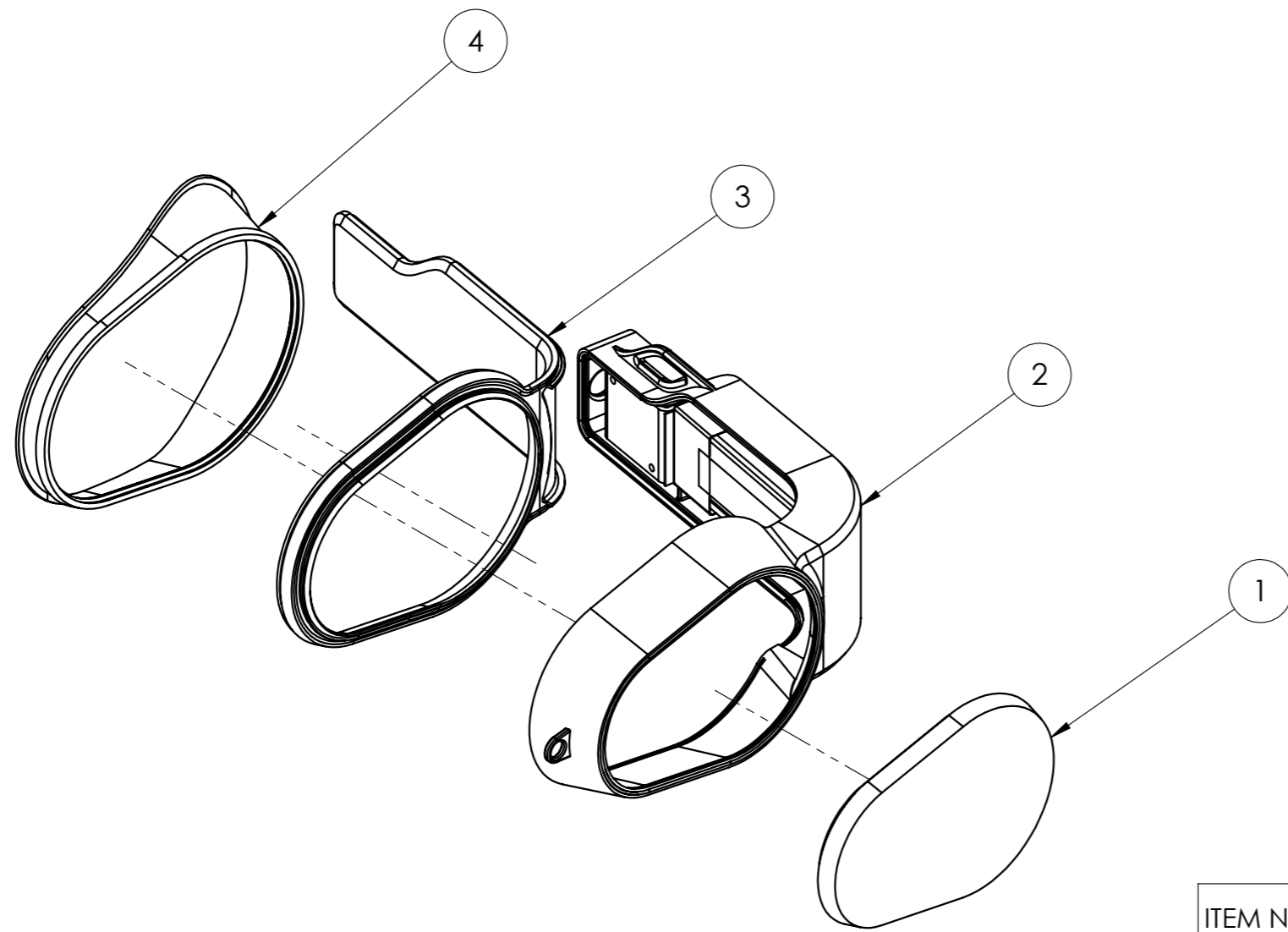
ITEM NO.	CODE	PART NUMBER	MATERIAL	QTY.	WEIGHT (g)
1	1.01.01.03.01.00	Support Body	TPU	1	3.3
2	1.01.01.03.01.00	Cover PPG	PC	1	0.2
AUTORE Thomas Bottalico		DATA 7/7/2022	TIPO DI DOCUMENTO Exploded View - Right support body		Note:
RELATORE Prof. Ing. Giuseppe Andreoni		PROGETTO Hydrobeat	INSIEME Swimming goggles body		
STUDENTE Thomas Bottalico 941842		GRUPPO Right side	SOTTOGRUPPO Right support body		
		PARTICOLARE /	CODICE 1.01.01.03.00.00		
 POLITECNICO DI MILANO Scuola del Design Corso di Laurea in Design & Engineering A.A. 2020 / 2021 - Final Project Work		DIS. N. 6	Scala 2:1	FOGLIO 0	




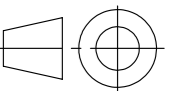


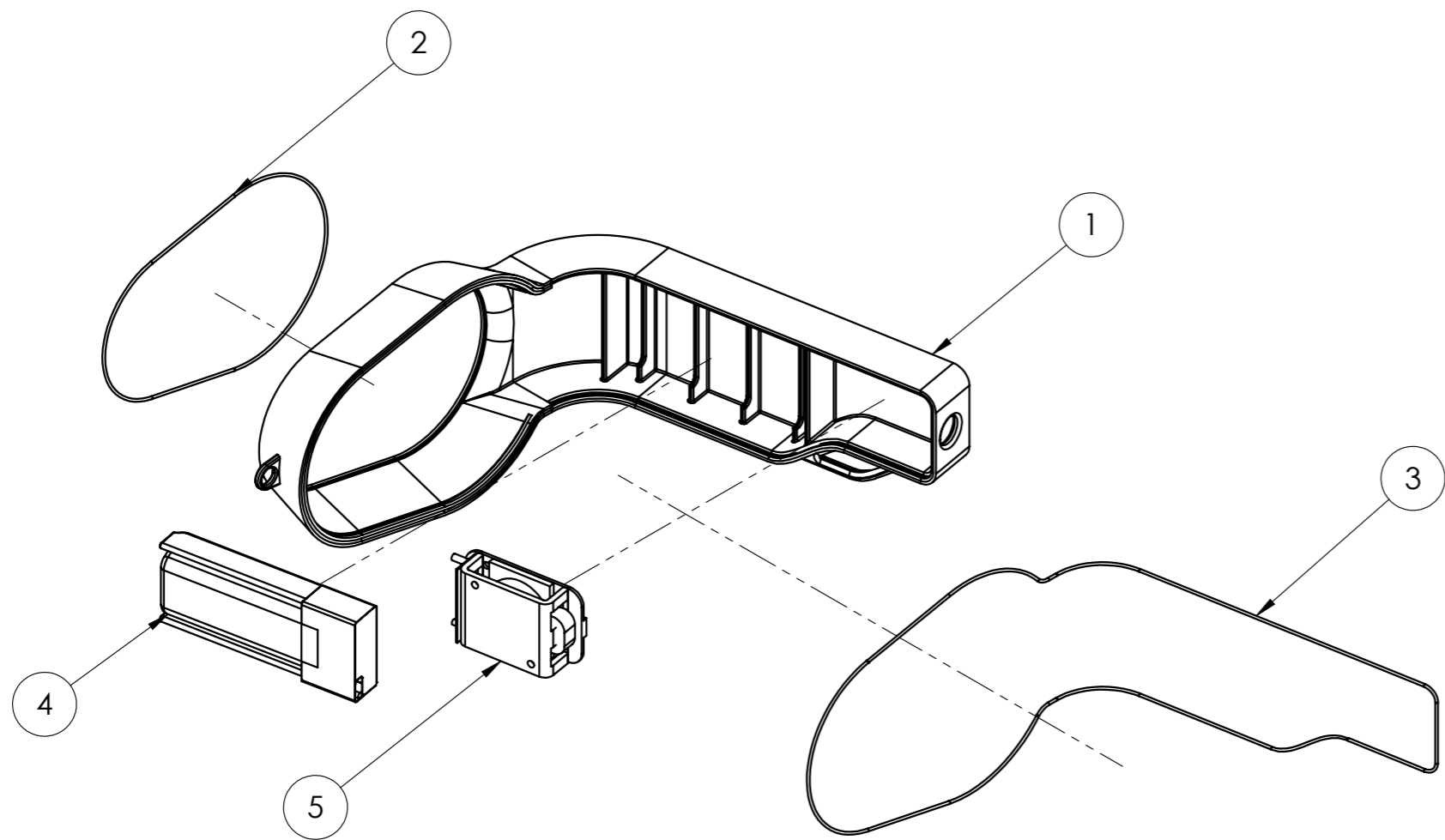
ITEM NO.	CODE	PART NUMBER	MATERIAL	QTY.	WEIGHT (g)
1	1.01.01.02.09.01	Base	PL	1	0.3
2	1.01.01.02.09.02	Micro SD	Multiple	1	0.4
3	1.01.01.02.09.03	Rigado R41Z	Multiple	1	1
4	1.01.01.02.09.04	USBc Port	Multiple	1	1.2
5	1.01.01.02.09.05	PPG_ADPD144RI	Multiple	1	0.4
6	1.01.01.02.09.06	Audio PAM8403	Multiple	1	0.9
7	1.01.01.02.09.07	LGA-24_3X3P5X1_STM	Mutiple	1	0.3

AUTORE Thomas Bottalico	DATA 7/7/2022	TIPO DI DOCUMENTO Exploded view - PCB	Note:
RELATORE Prof. Ing. Giuseppe Andreoni	PROGETTO Hydrobeat	INSIEME Hydrobeat	
STUDENTE Thomas Bottalico 941842	GRUPPO Swimming goggles body	SOTTOGRUPPO Right Side	
	PARTICOLARE Right Body / PCB	CODICE 1.01.01.02.09.00	
 POLITECNICO DI MILANO Scuola del Design Corso di Laurea in Design & Engineering A.A. 2020 / 2021 - Final Project Work	DIS. N. 7	Scala 2:1	
		FOGLIO 0	



ITEM NO.	CODE	PART NUMBER	MATERIAL	QTY.	WEIGHT (g)
1	1.01.02.01.00.00	Left Lens	PC	1	2.6
2	1.01.02.02.00.00	Left Body	Multiple	1	27.9
3	1.01.02.03.00.00	Support Body	TPU	1	3.3
4	1.01.02.04.00.00	Gasket	Silicone	1	1.2

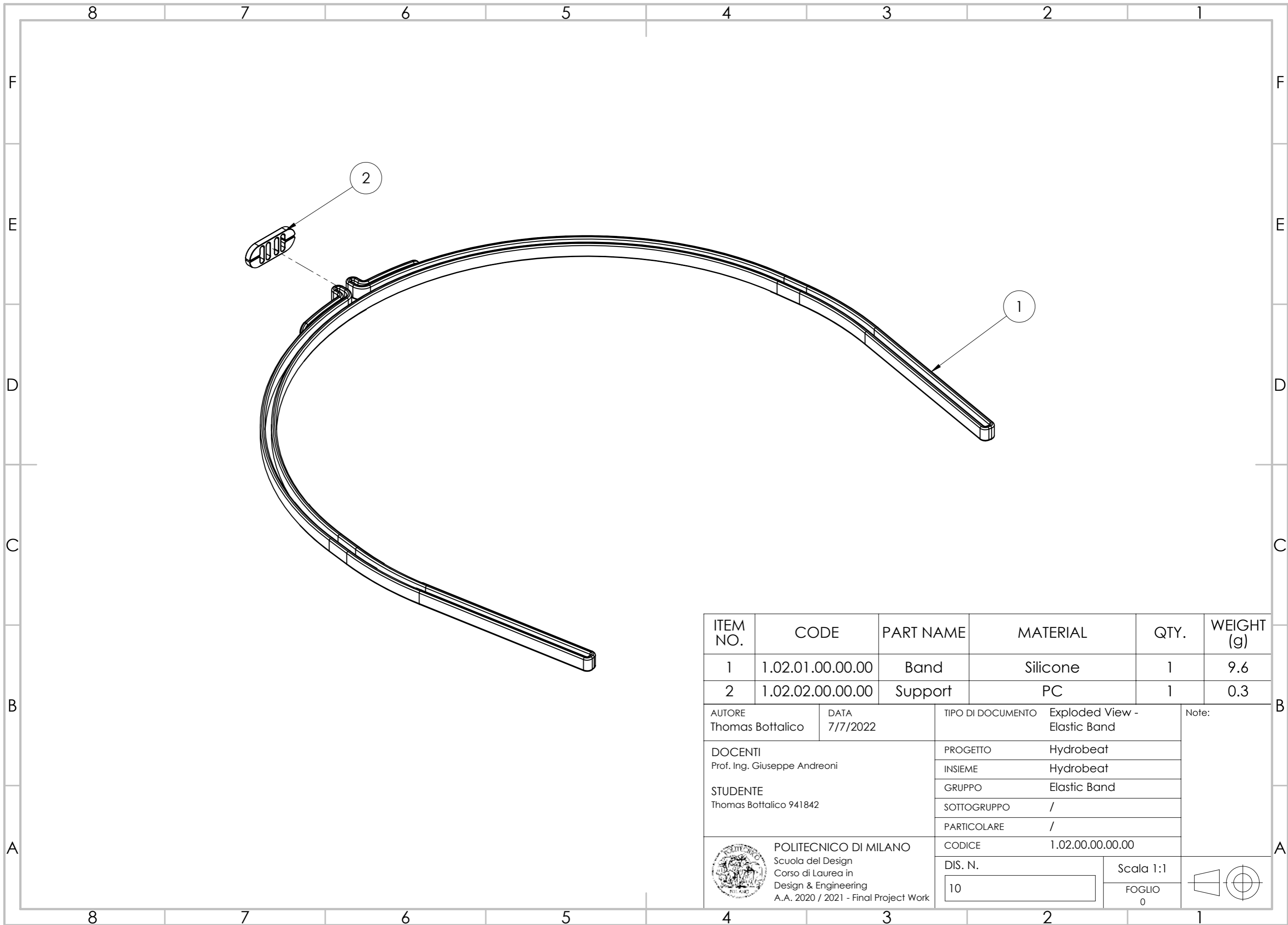
AUTORE Thomas Bottalico	DATA 7/7/2022	TIPO DI DOCUMENTO Exploded View - Left Side	Note:
RELATORE Prof. Ing. Giuseppe Andreoni	PROGETTO Hydrobeat	INSIEME Hydrobeat	
STUDENTE Thomas Bottalico 941842	GRUPPO Swimming goggles body	SOTTOGRUPPO Left Side	
	PARTICOLARE /		
	CODICE 1.01.02.00.00.00		
 POLITECNICO DI MILANO Scuola del Design Corso di Laurea in Design & Engineering A.A. 2020 / 2021 - Final Project Work	DIS. N. 8	Scala 1:1	
		FOGLIO 0	




ITEM NO.	CODE	PART NAME	MATERIAL	QTY.	WEIGHT (g)
1	1.01.01.02.01.00	Body	PC	1	8.1
2	1.01.02.02.02.00	Front Gasket	PU	1	0.3
3	1.01.02.02.03.00	Back Gasket	PU	1	0.6
4	1.01.02.02.04.00	LP601537	Multiple	1	10
5	1.01.01.02.05.00	Transducer 1674	Multiple	1	9.8

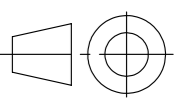
AUTORE Thomas Bottalico	DATA 7/7/2022	TIPO DI DOCUMENTO Exploded view - Left Body	Note:
RELATORE Prof. Ing. Giuseppe Andreoni	PROGETTO Hydrobeat	INSIEME Hydrobeat	
STUDENTE Thomas Bottalico 941842	GRUPPO Swimming goggles body	SOTTOGRUPPO Left Side	
	PARTICOLARE Left body		
CODICE 1.01.02.02.00.00			
DIS. N. 9		Scala 1:1	
		FOGLIO 0	

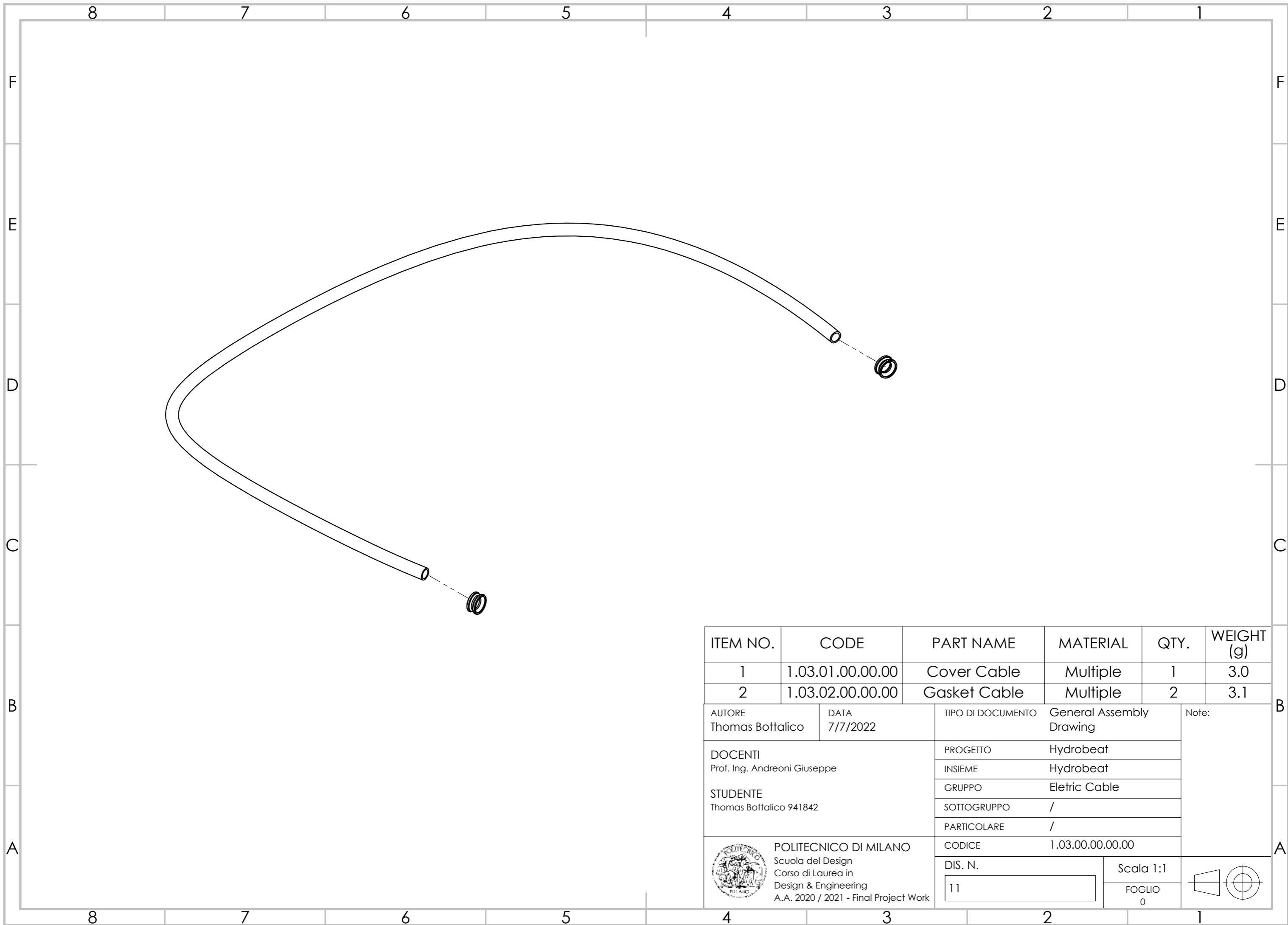

POLITECNICO DI MILANO
 Scuola del Design
 Corso di Laurea in
 Design & Engineering
 A.A. 2020 / 2021 - Final Project Work




ITEM NO.	CODE	PART NAME	MATERIAL	QTY.	WEIGHT (g)
1	1.02.01.00.00.00	Band	Silicone	1	9.6
2	1.02.02.00.00.00	Support	PC	1	0.3

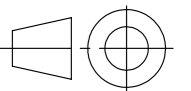
AUTORE Thomas Bottalico	DATA 7/7/2022	TIPO DI DOCUMENTO Exploded View - Elastic Band	Note:
DOCENTI Prof. Ing. Giuseppe Andreoni	PROGETTO	Hydrobeat	
	INSIEME	Hydrobeat	
	GRUPPO	Elastic Band	
	SOTTOGRUPPO	/	
STUDENTE Thomas Bottalico 941842	PARTICOLARE	/	
 POLITECNICO DI MILANO Scuola del Design Corso di Laurea in Design & Engineering A.A. 2020 / 2021 - Final Project Work	CODICE	1.02.00.00.00.00	
	DIS. N.	10	Scala 1:1
			FOGLIO 0

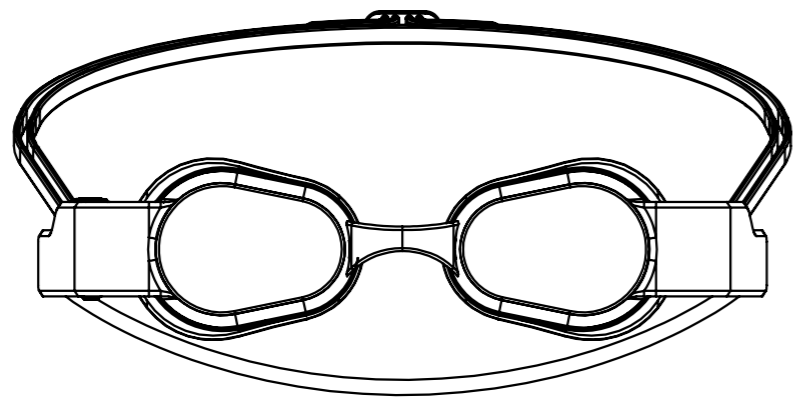




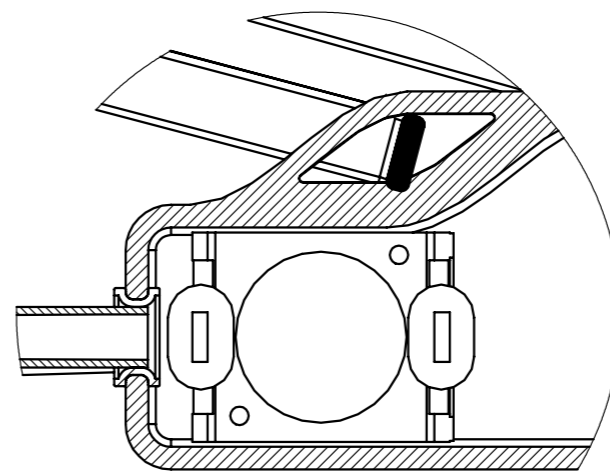
ITEM NO.	CODE	PART NAME	MATERIAL	QTY.	WEIGHT (g)
1	1.03.01.00.00.00	Cover Cable	Multiple	1	3.0
2	1.03.02.00.00.00	Gasket Cable	Multiple	2	3.1

AUTORE Thomas Bottalico	DATA 7/7/2022	TIPO DI DOCUMENTO General Assembly Drawing	Note:
DOCENTI Prof. Ing. Andreoni Giuseppe		PROGETTO Hydrobeat	
STUDENTE Thomas Bottalico 941842		INSIEME Hydrobeat	
		GRUPPO Elettric Cable	
		SOTTOGRUPPO /	
		PARTICOLARE /	
		CODICE 1.03.00.00.00.00	
 POLITECNICO DI MILANO Scuola del Design Corso di Laurea in Design & Engineering A.A. 2020 / 2021 - Final Project Work		DIS. N. 11	Scala 1:1 FOGLIO 0

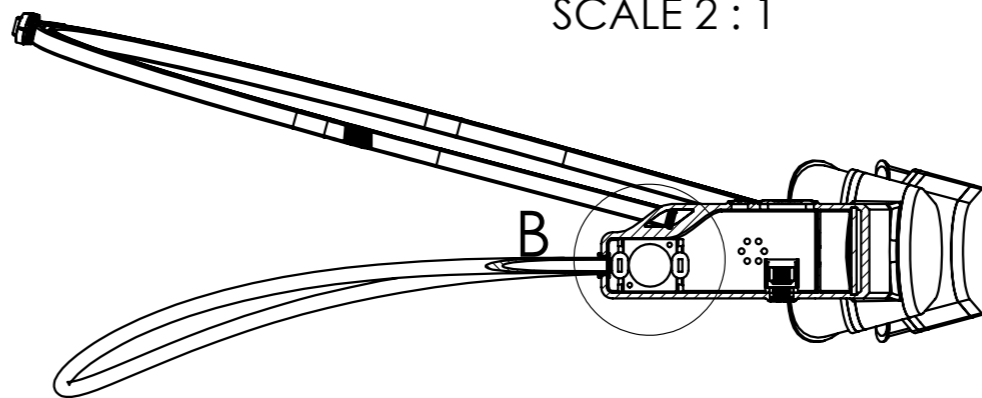
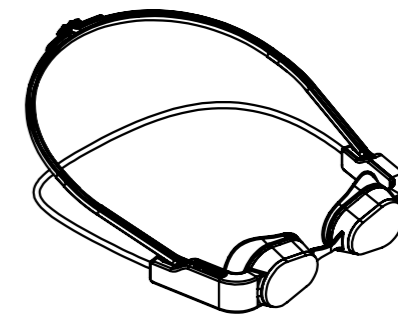




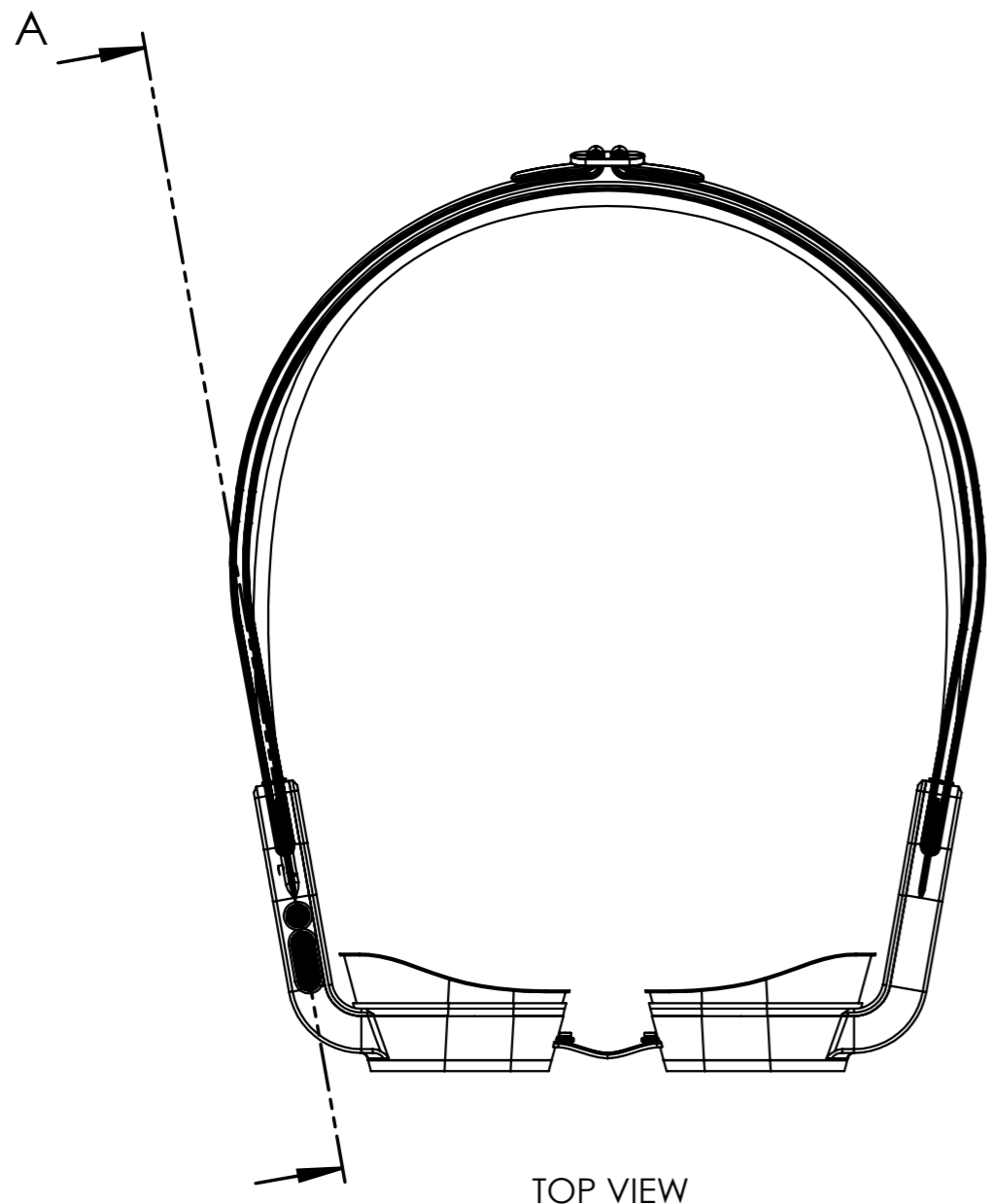
FRONT VIEW



DETAIL B
SCALE 2 : 1



A-A
SCALE 1 : 2



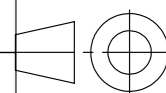
TOP VIEW

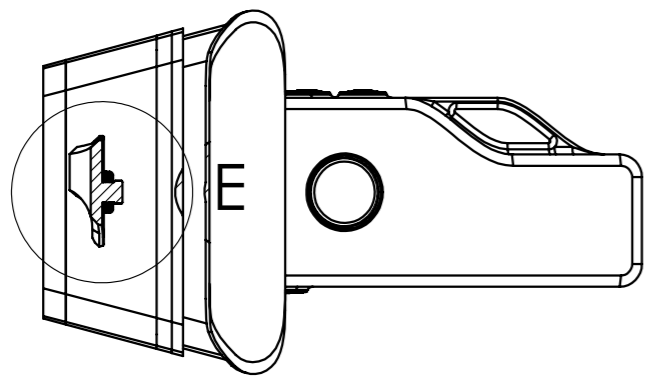
ITEM NO.	CODE	PART NUMBER	MATERIAL	MANUFACTURING	QTY.
1	1.01.00.00.00.00	Swimming Goggles Body	Multiple	Multiple	1
2	1.02.00.00.00.00	Elastic Band	Multiple	Multiple	1
3	1.03.00.00.00.00	Cover Cable	Multiple	Multiple	1

AUTORE Thomas Bottalico	DATA 7/7/2022	TIPO DI DOCUMENTO Assembly - Hydrobeat	Note:
RELATORE Prof. Ing. Giuseppe Andreoni	PROGETTO Hydrobeat	INSIEME Swimming goggles body	
STUDENTE Thomas Bottalico 941842	GRUPPO /	SOTTOGRUPPO /	
	PARTICOLARE /	CODICE 1.00.00.00.00.00	
DIS. N. 12		Scala 1:2	
		FOGLIO 0	

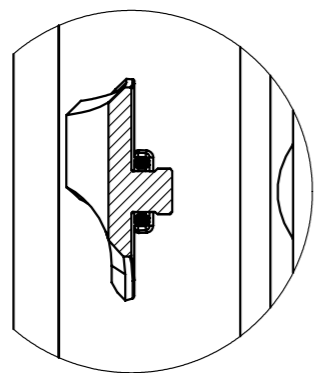


POLITECNICO DI MILANO
Scuola del Design
Corso di Laurea in
Design & Engineering
A.A. 2020 / 2021 - Final Project Work

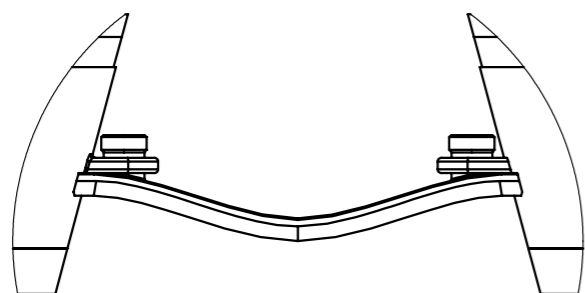




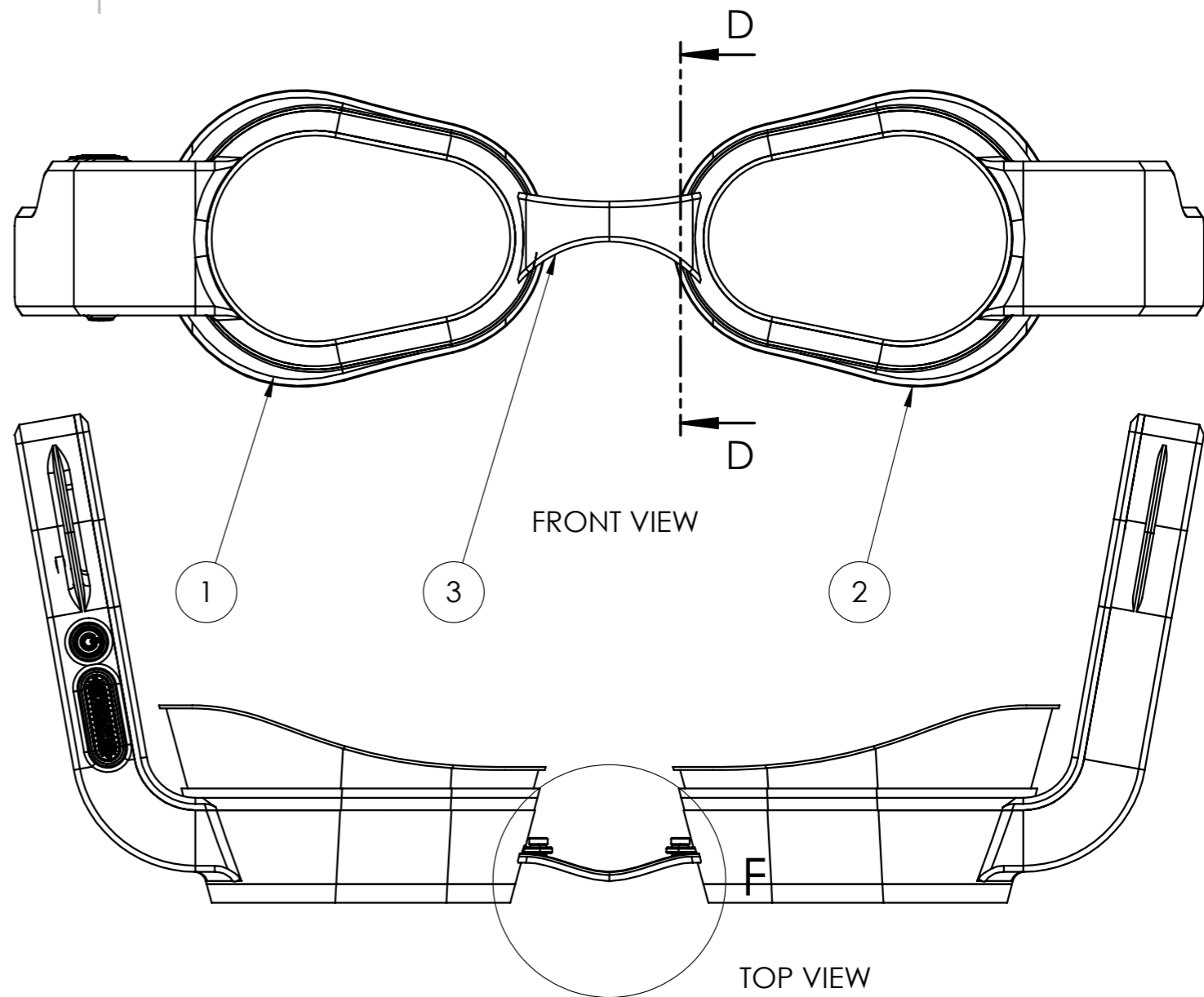
D-D
SCALE 1 : 1



DETAIL E
SCALE 2 : 1



DETAIL F
SCALE 2 : 1

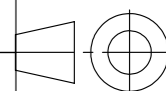


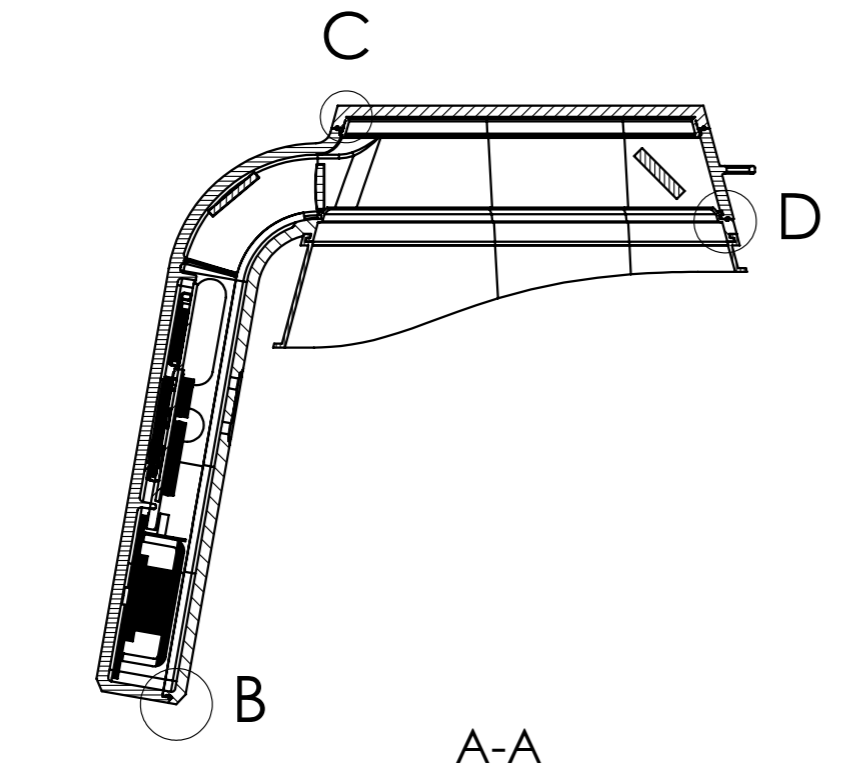
ITEM NO.	CODE	PART NUMBER	MATERIAL	MANUFACTURING	QTY.
1	1.01.01.00.00.00	Right Side	Multiple	Multiple	1
2	1.01.02.00.00.00	Left Side	Multiple	Multiple	1
3	1.01.03.00.00.00	Nose Bridge	PC	Injection Molding	1

AUTORE Thomas Bottalico	DATA 7/7/2022	TIPO DI DOCUMENTO Assembly_ Swimming Goggles Body	Note:
RELATORE Prof. Ing. Giuseppe Andreoni	PROGETTO Hydrobeat	INSIEME Swimming goggles body	
STUDENTE Thomas Bottalico 941842	GRUPPO /	SOTTOGRUPPO /	
	PARTICOLARE /	CODICE 1.01.00.00.00.00	
	DIS. N. 13	Scala 1:1	
		FOGLIO 0	

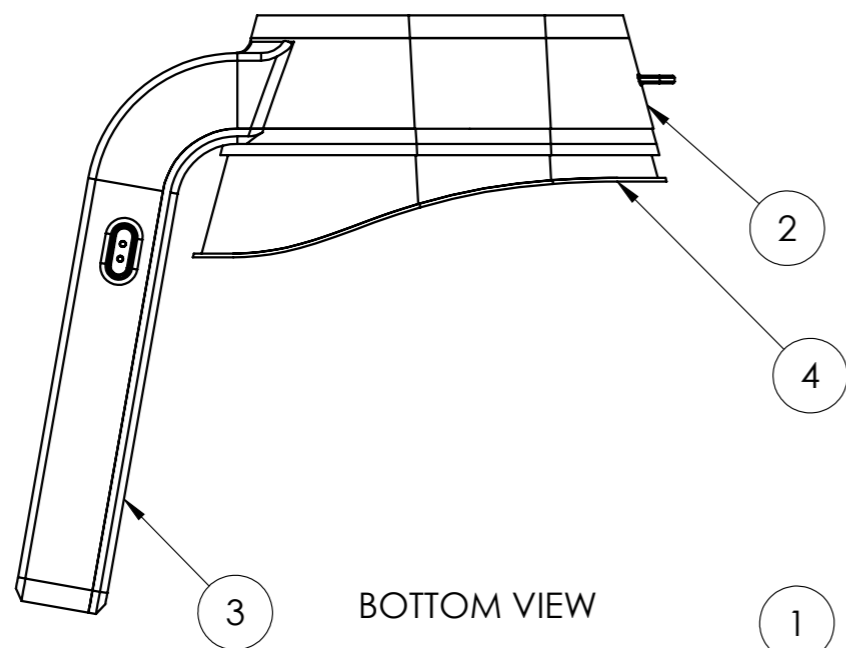


POLITECNICO DI MILANO
Scuola del Design
Corso di Laurea in
Design & Engineering
A.A. 2020 / 2021 - Final Project Work

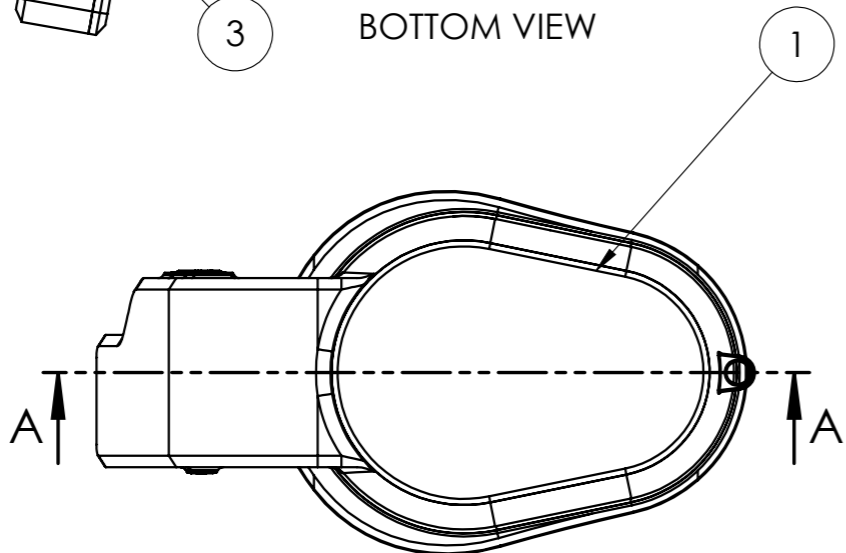




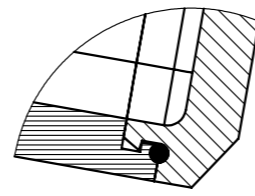
A-A



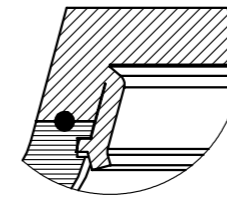
BOTTOM VIEW



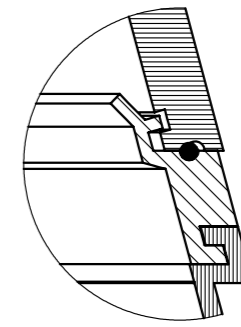
FRONT VIEW



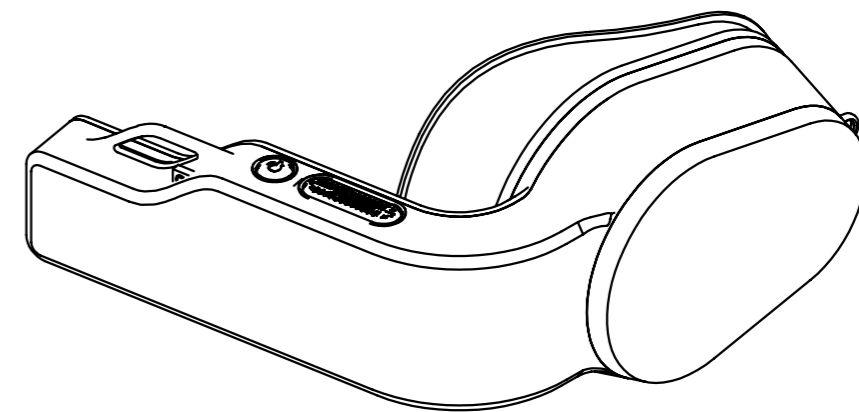
DETAIL B
SCALE 5 : 1



DETAIL C
SCALE 5 : 1



DETAIL D
SCALE 5 : 1

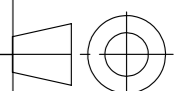


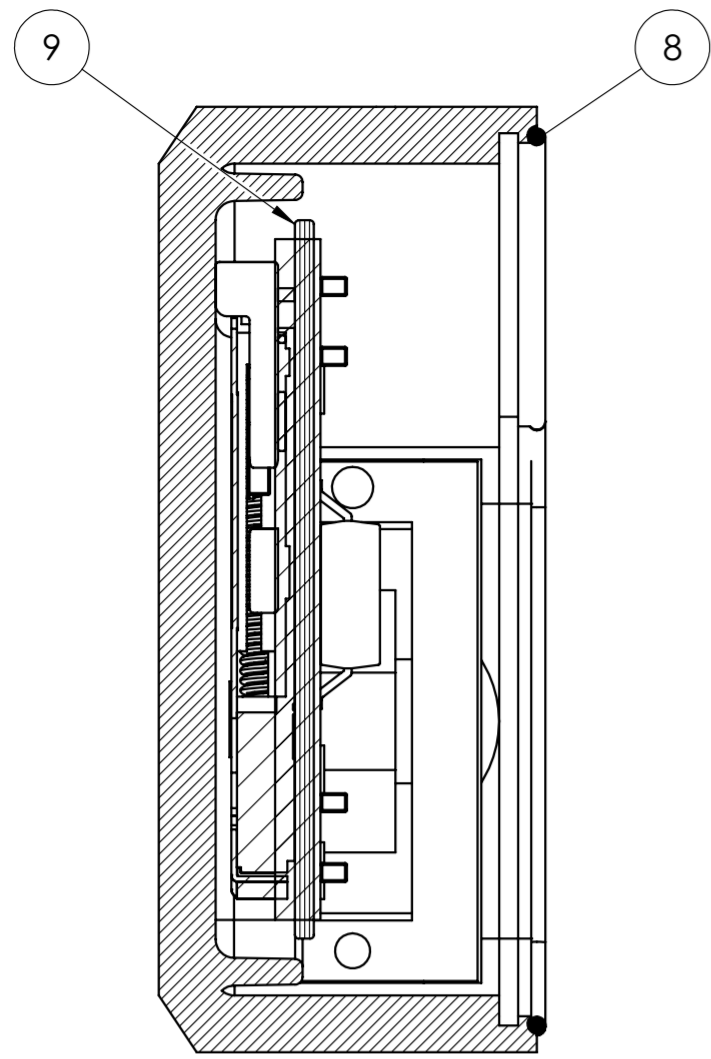
ITEM NO.	CODE	PART NAME	MAKE/BUY	MATERIAL	MANUFACTURING	QTY.
1	1.01.01.01.00.00	Right Lens	MAKE	PC	Injection Moldin	1
2	1.01.01.02.00.00	Body	MAKE	PC	Injection molding	1
3	1.01.01.03.00.00	Support Body	MAKE	TPU	Injection molding	1
4	1.01.01.04.00.00	Gasket	MAKE	Silicone	Injection molding	1

AUTORE Thomas Bottalico	DATA 7/7/2022	TIPO DI DOCUMENTO Assembly_ Right Side	Note:
RELATORE Prof. Ing. Giuseppe Andreoni	PROGETTO Hydrobeat	INSIEME Swimming goggles body	
STUDENTE Thomas Bottalico 941842	GRUPPO Right Side	SOTTOGRUPPO /	
	PARTICOLARE /	CODICE 1.01.01.00.00.00	
	DIS. N. 14	Scala 1:1	
		FOGLIO 0	

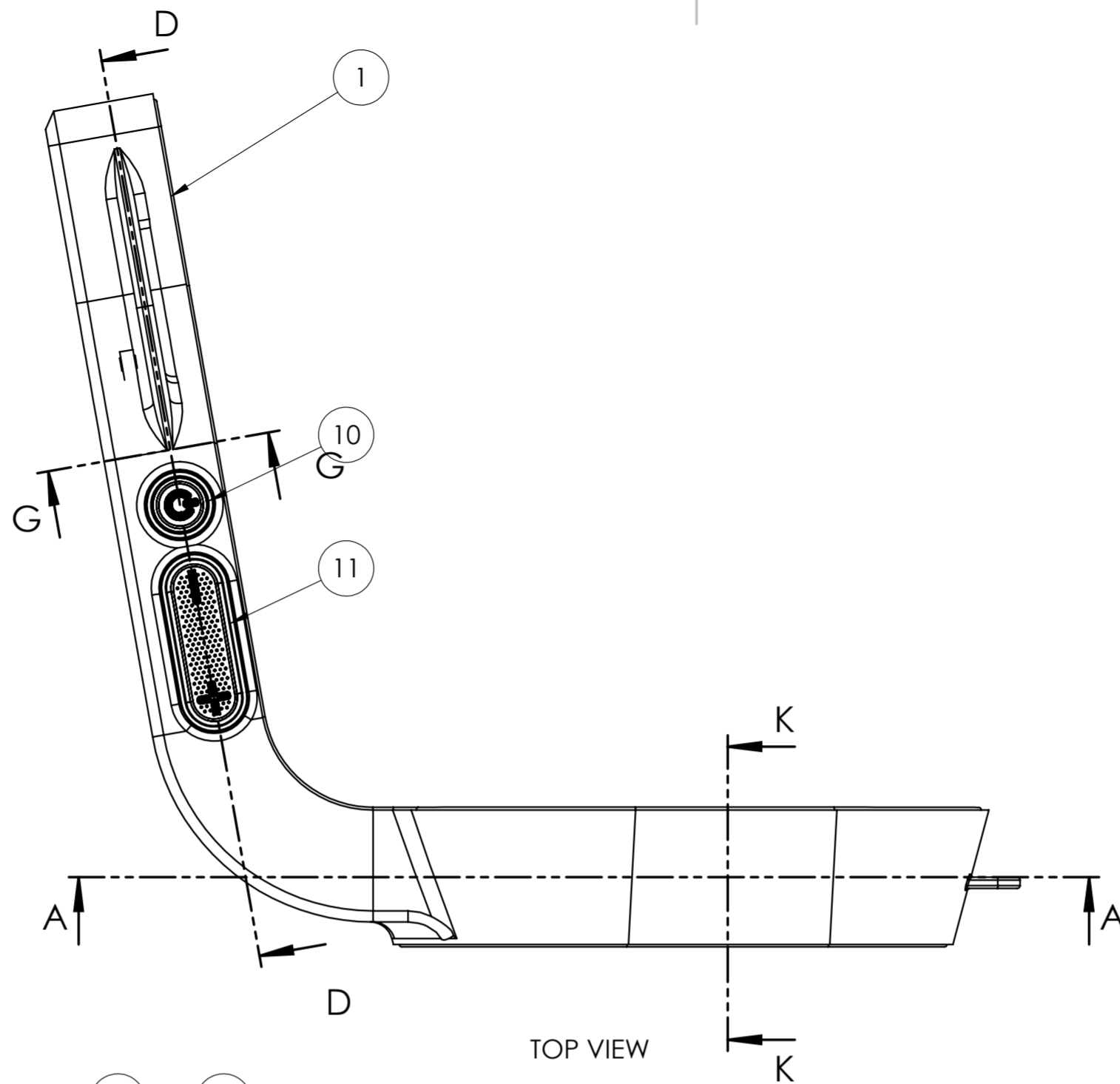


POLITECNICO DI MILANO
Scuola del Design
Corso di Laurea in
Design & Engineering
A.A. 2020 / 2021 - Final Project Work

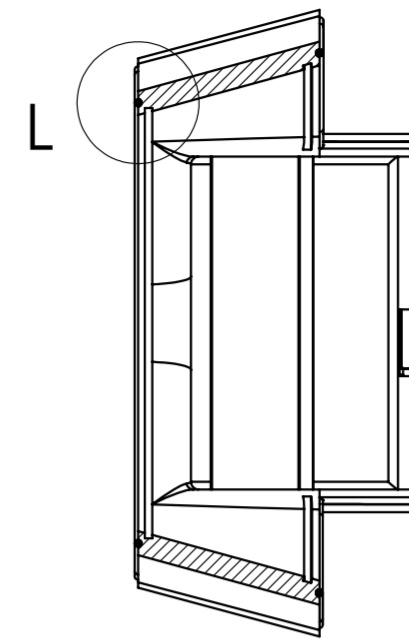




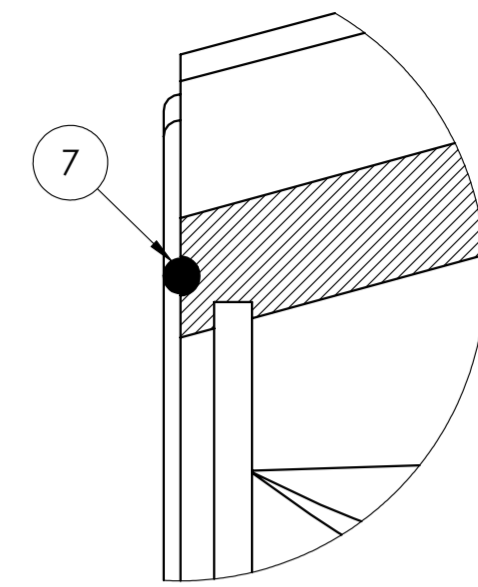
G-G
SCALE 5 : 1



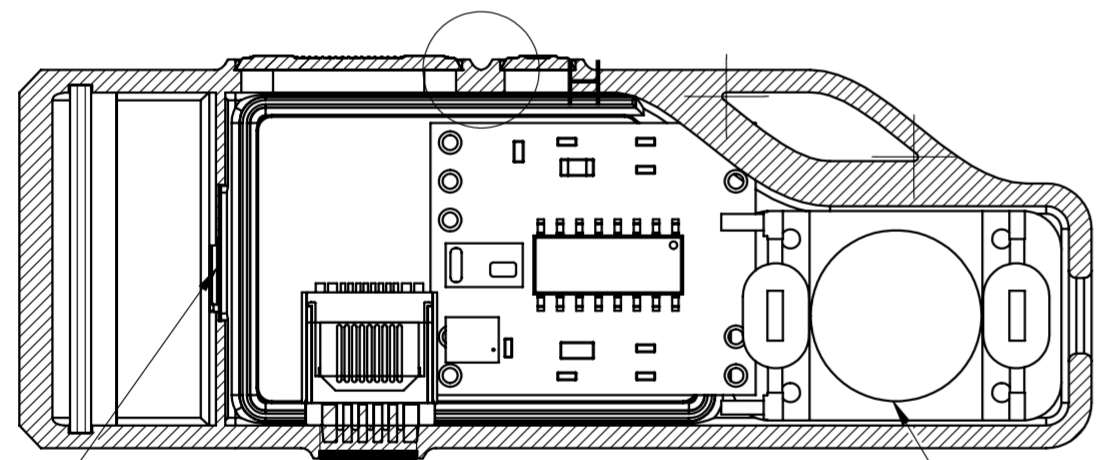
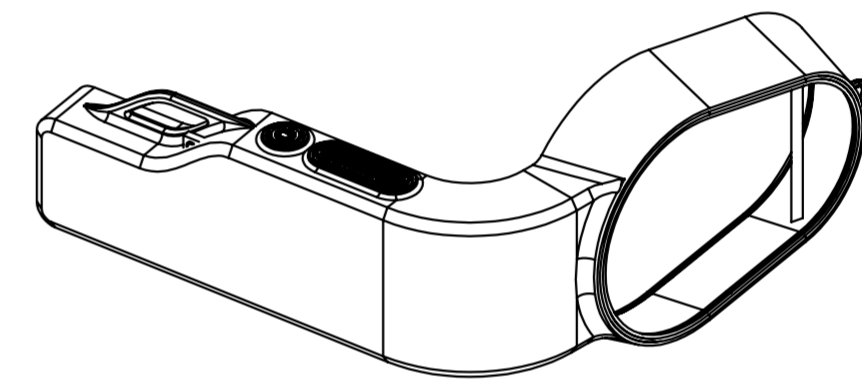
TOP VIEW



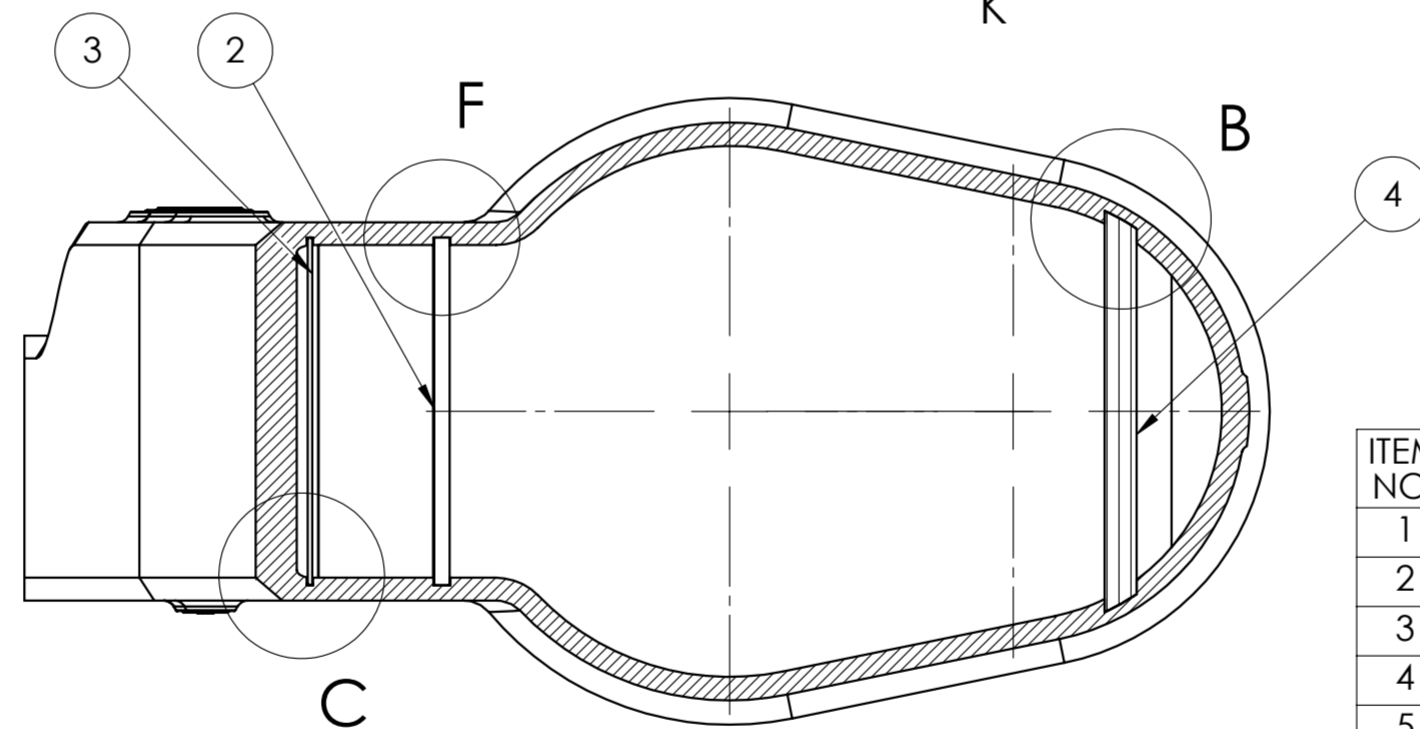
K-K
SCALE 2 : 1



DETAIL L
SCALE 10 : 1

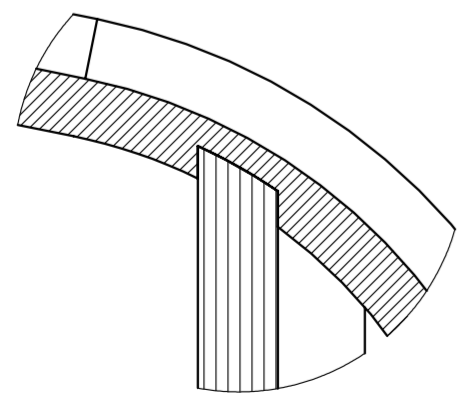


D-D
SCALE 2 : 1

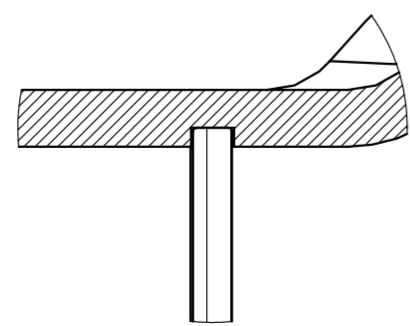


A-A
SCALE 2 : 1

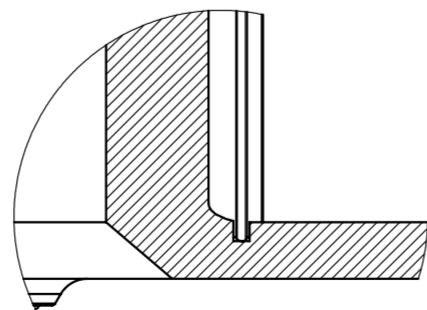
ITEM NO.	CODE	PART NUMBER	MAKE/BUY	MATERIAL	MANUFACTURING	QTY.
1	1.01.01.02.01.00	Right body	Make	PC	Injection molding	1
2	1.01.01.02.02.00	Convex Lens	Buy	Glass	Machining	1
3	1.01.01.02.03.00	Optical Lens	Buy	Glass	Machining	1
4	1.01.01.02.04.00	45degree lense	Buy	Glass	Machining	1
5	1.01.01.02.05.00	Display_DM-OLED029-665	Buy	Multiple	Multiple	1
6	1.01.01.02.06.00	Transducer 1674	Buy	Multiple	Multiple	1
7	1.01.01.02.07.00	Front Gasket	Make	PU	Injection Molding	1
8	1.01.01.02.08.00	Back Gasket	Make	PU	Injection Molding	1
9	1.01.01.02.09.00	PCB	Make	Multiple	Multiple	1
10	1.01.01.02.10.00	Power button	Make	Silicone	Co-molding	1
11	1.01.01.02.11.00	Large Button	Make	Silicone	Co-molding	1
12	1.01.01.02.12.00	USBC Charger	Buy	Multiple	Multiple	1



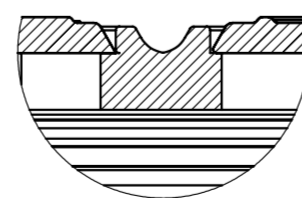
DETAIL B
SCALE 5 : 1



DETAIL F
SCALE 5 : 1



DETAIL C
SCALE 5 : 1

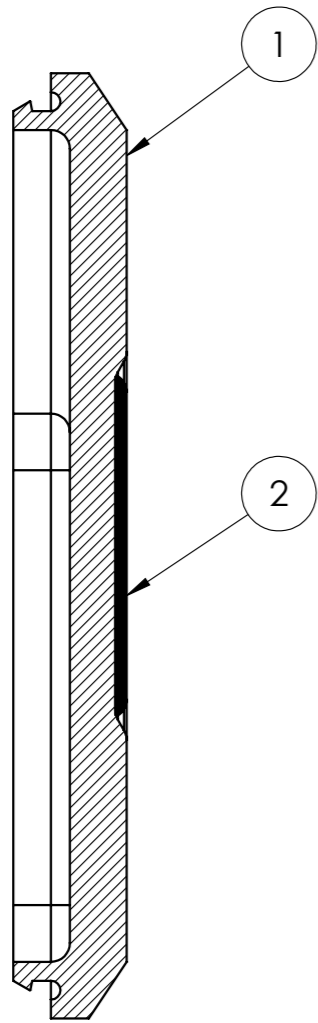


DETAIL H
SCALE 5 : 1

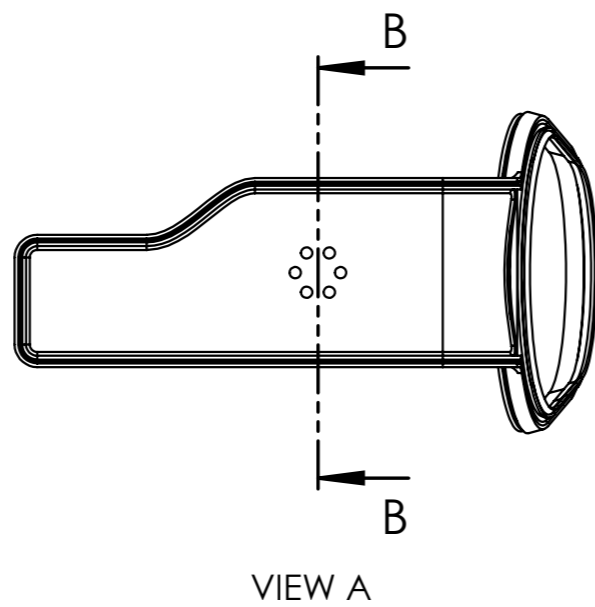
AUTORE Thomas Bottalico	DATA 7/7/2022	TIPO DI DOCUMENTO Assembly - Right Body	Note:
DOCENTE Prof. Ing. Giuseppe Andreoni	PROGETTO Hydrobeat	INSIEME Swimming goggles body	
STUDENTE THOMAS BOTTALICO 941842	GRUPPO Right Side	SOTTOGRUPPO Body right	
	PARTICOLARE /	CODICE 1.01.01.02.01.00	
	DIS. N. 15	Scala 1:1	
		FOGLIO 0	



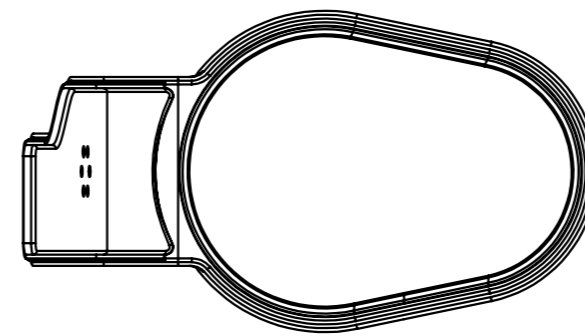
POLITECNICO DI MILANO
Scuola del Design
Corso di Laurea in
Design & Engineering
A.A. 2020 / 2021 - Final Project Work



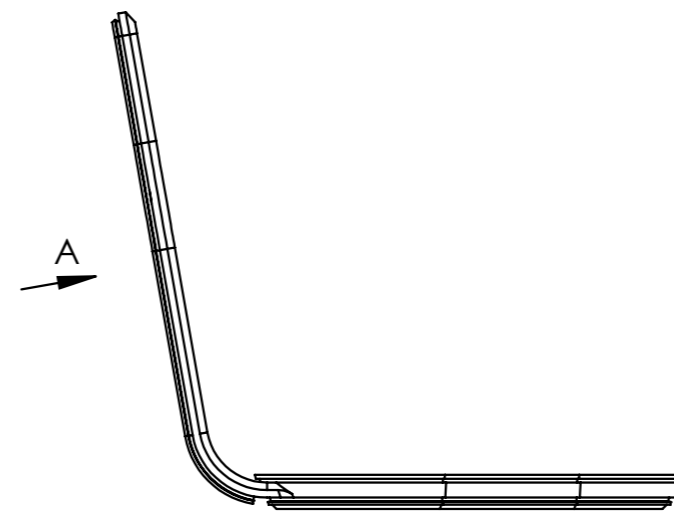
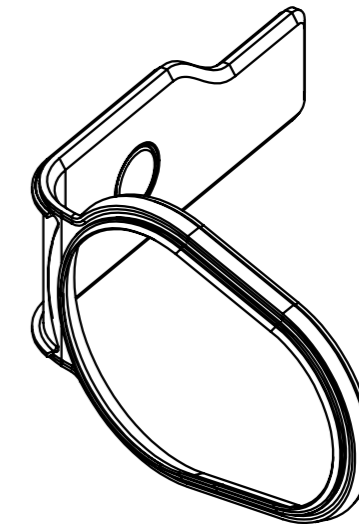
B-B
SCALE 5 : 1



VIEW A



FRONT VIEW



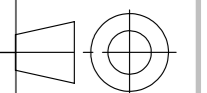
TOP VIEW

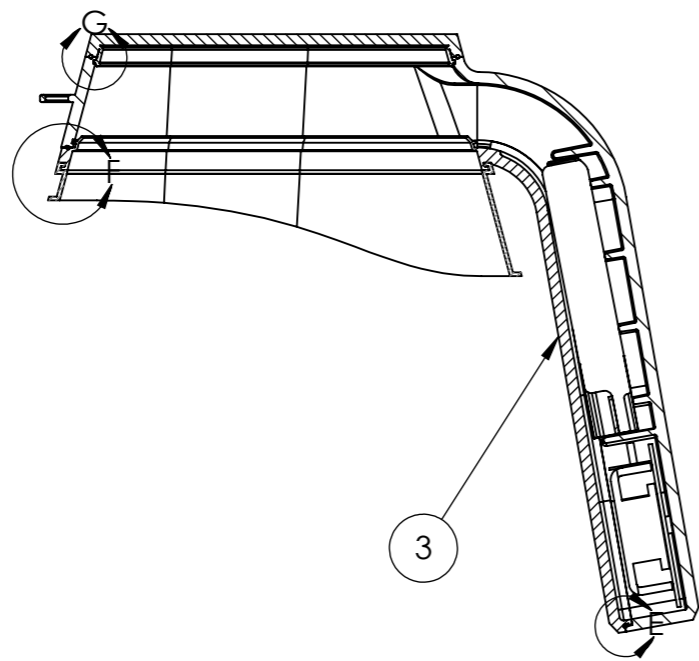
ITEM NO.	CODE	PART NUMBER	MAKE/BUY	MATERIAL	MANUFACTURING	QTY.
1	1.01.01.03.01.00	Support Body	MAKE	TPU	INjection Molding	1
2	1.01.01.03.02.00	Cover PPG	BUY	PC	Machining	1

AUTORE Thomas Bottalico	DATA 7/7/2022	TIPO DI DOCUMENTO Assembly_ Support Body	Note:
RELATORE Prof. Ing. Giuseppe Andreoni	PROGETTO Hydrobeat	INSIEME Swimming goggles body	
STUDENTE Thomas Bottalico 941842	GRUPPO Right Side	SOTTOGRUPPO Support body	
	PARTICOLARE /	CODICE 1.01.01.03.00.00	
	DIS. N. 16	Scala 1:1	
		FOGLIO 0	

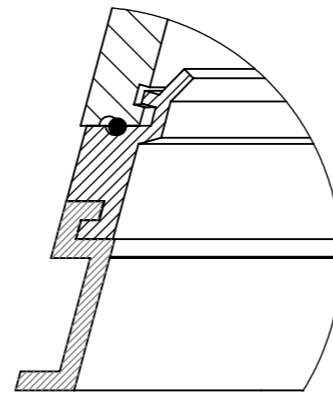


POLITECNICO DI MILANO
Scuola del Design
Corso di Laurea in
Design & Engineering
A.A. 2020 / 2021 - Final Project Work

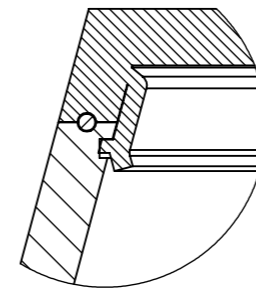




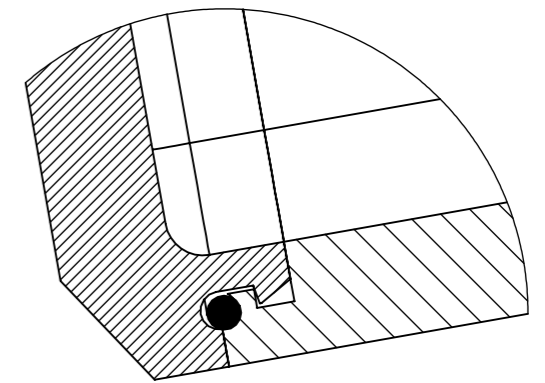
D-D



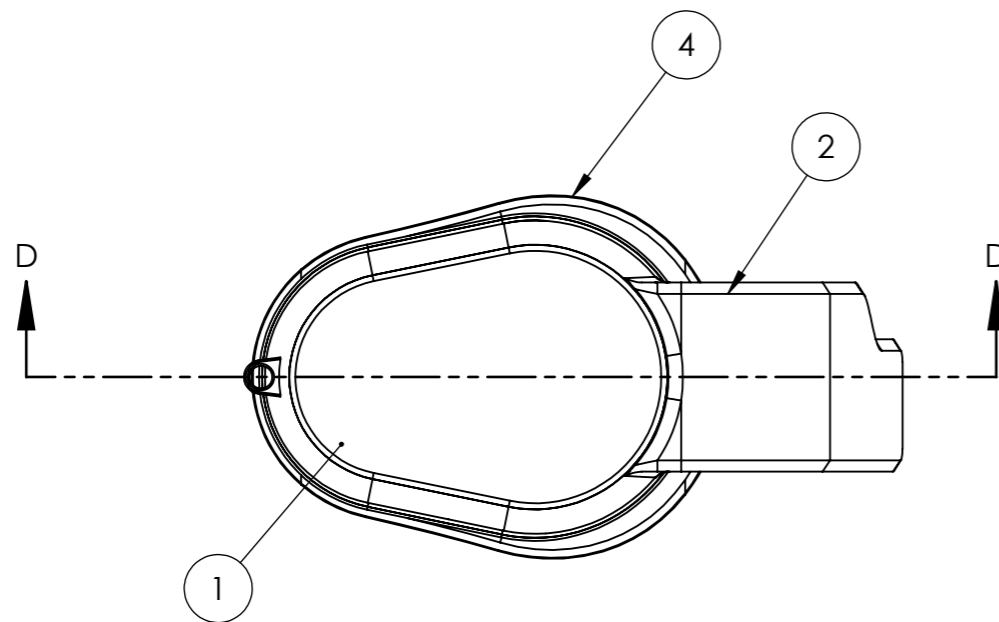
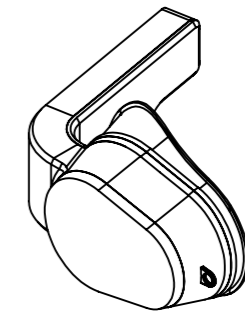
DETAIL F
SCALE 5 : 1



DETAIL G
SCALE 5 : 1



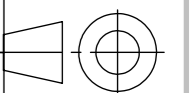
DETAIL E
SCALE 10 : 1

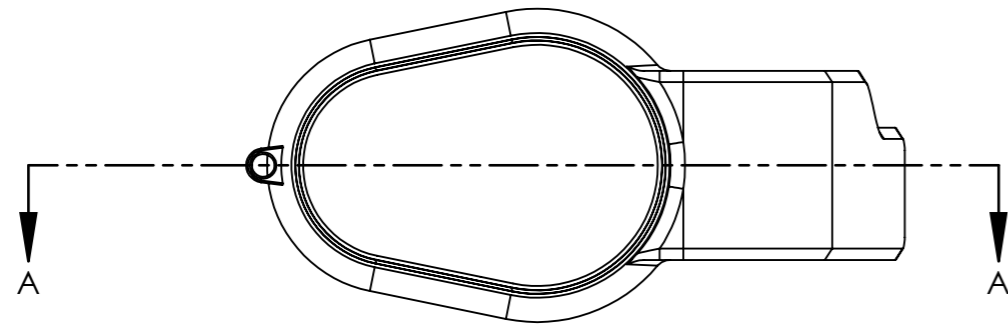


FRONT VIEW

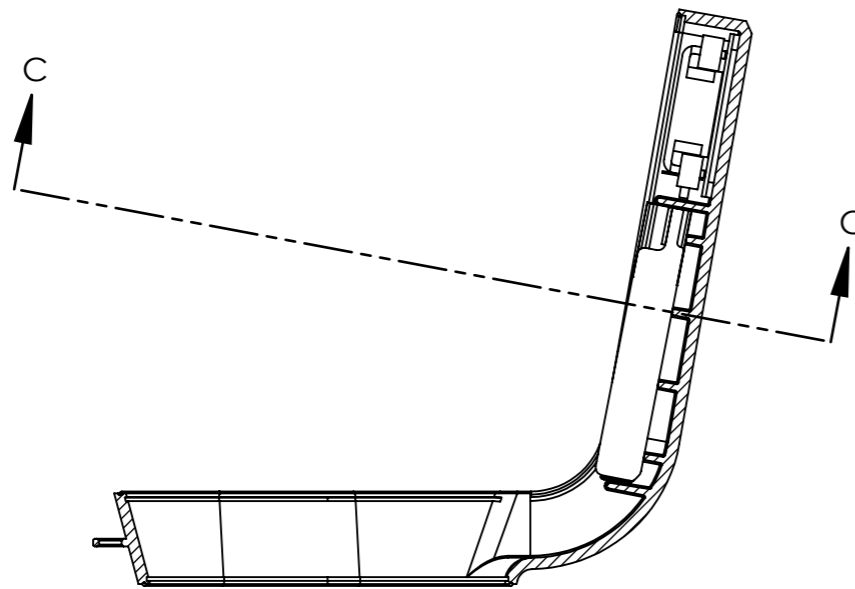
ITEM NO.	CODE	PART NAME	MAKE/BUY	MATERIALS	MANUFACTURING	QTY.
1	1.01.02.01.00.00	Left Lens	Make	PC	Injection molding	1
2	1.01.02.02.00.00	Left Body	Make	Multiple	Injection molding	1
3	1.01.02.03.00.00	Support Body	Make	TPU	Injection molding	1
4	1.01.02.04.00.00	Gasket	Make	Silicone	Injection molding	1

AUTORE Thomas Bottalico	DATA 7/7/2022	TIPO DI DOCUMENTO Assembly_ Left side	Note:
RELATORE Prof. Ing. Giuseppe Andreoni	PROGETTO Hydrobeat	INSIEME Swimming goggles body	
STUDENTE Thomas Bottalico 941842	GRUPPO /	SOTTOGRUPPO /	
	PARTICOLARE /		
POLITECNICO DI MILANO Scuola del Design Corso di Laurea in Design & Engineering A.A. 2020 / 2021 - Final Project Work		CODICE 1.01.00.00.00.00	
DIS. N. 17		Scala 1:1	
		FOGLIO 0	

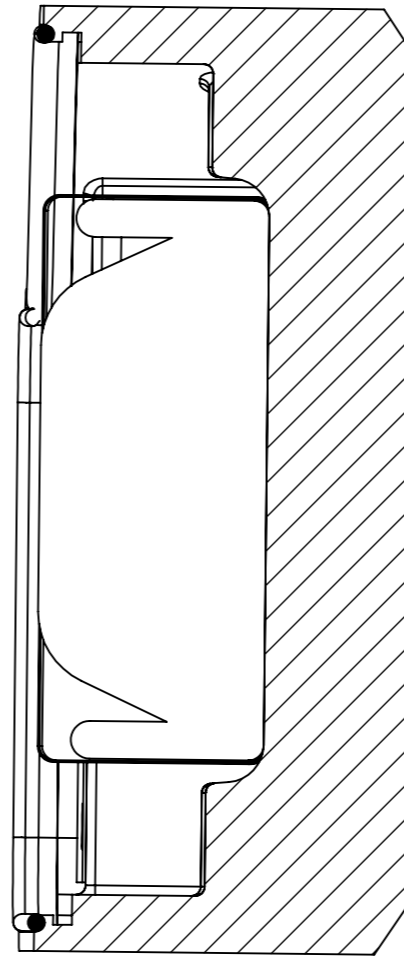




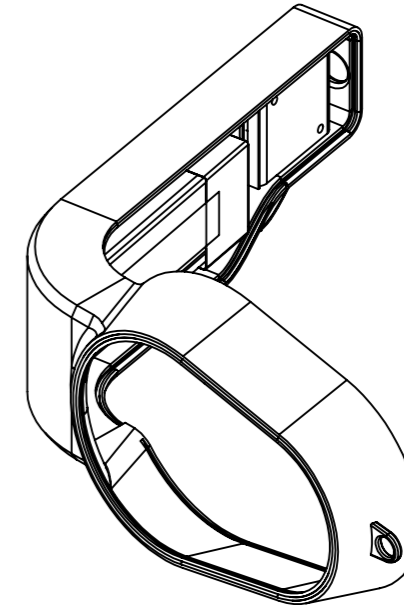
FRONT VIEW



A-A



SECTION C-C
SCALE 5 : 1

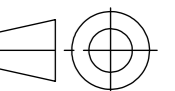


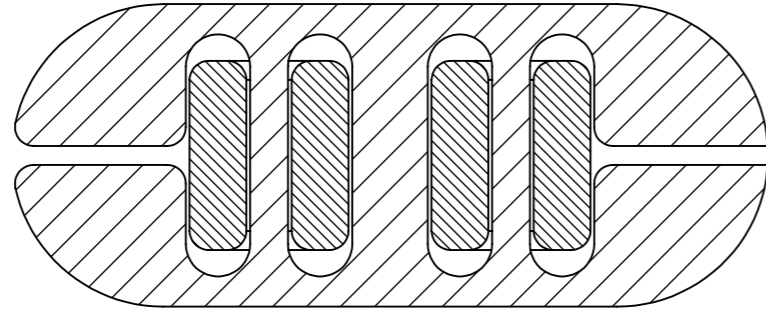
ITEM NO.	CODE	PART NUMBER	MATERIAL	MANUFACTURING	QTY.
1	1.01.02.02.01.00	Body	PC	Injection molding	1
2	1.01.02.02.02.00	Front Gasket	PU	Injection molding	1
3	1.01.02.02.03.00	Back Gasket	PU	Injection molding	1
4	1.01.02.02.04.00	LP601537	Multiple	Multiple	1
5	1.01.02.02.05.00	Transducer 1674	Multiple	Multiple	1

AUTORE Thomas Bottalico	DATA 7/7/2022	TIPO DI DOCUMENTO Assembly_ Left body	Note:
RELATORE Prof. Ing. Giuseppe Andreoni	PROGETTO Hydrobeat	INSIEME Swimming goggles body	
STUDENTE Thomas Bottalico 941842	GRUPPO Left side	SOTTOGRUPPO Left body	
	PARTICOLARE /	CODICE 1.01.02.02.00.00	
	DIS. N. 18	Scala 1:1	
		FOGLIO 0	

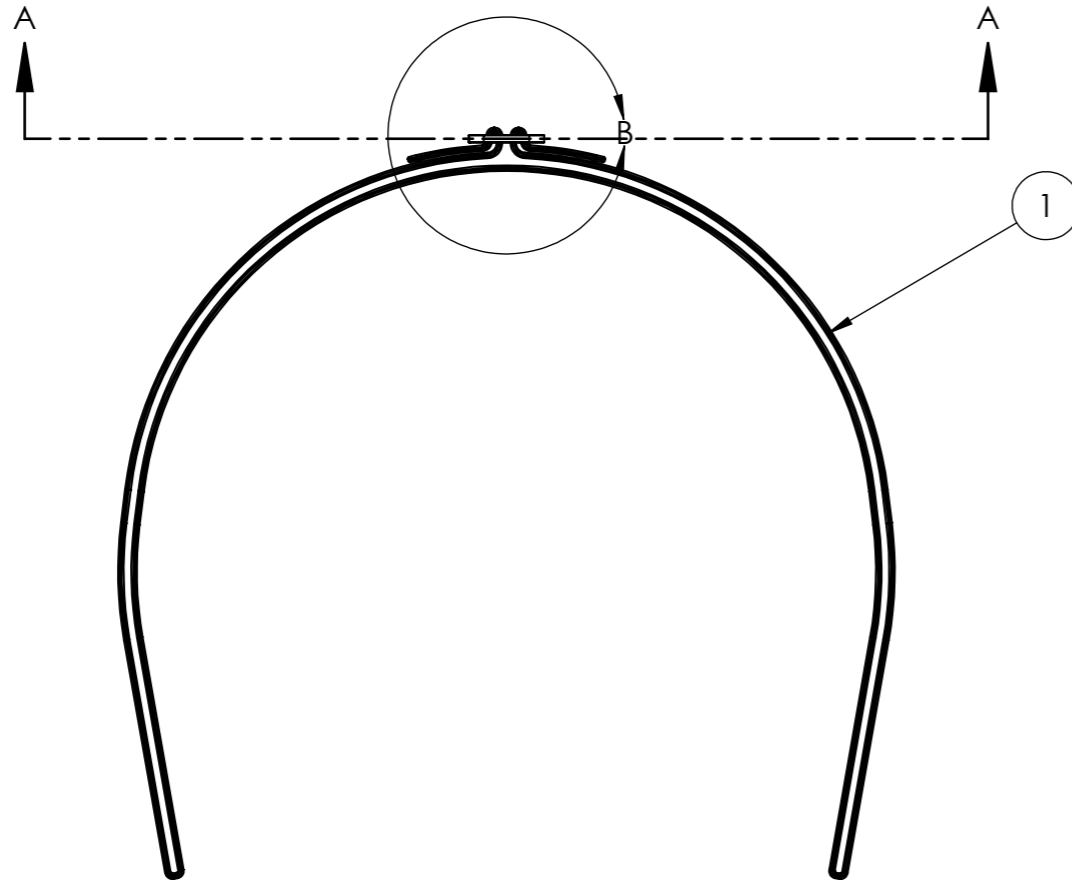


POLITECNICO DI MILANO
Scuola del Design
Corso di Laurea in
Design & Engineering
A.A. 2020 / 2021 - Final Project Work

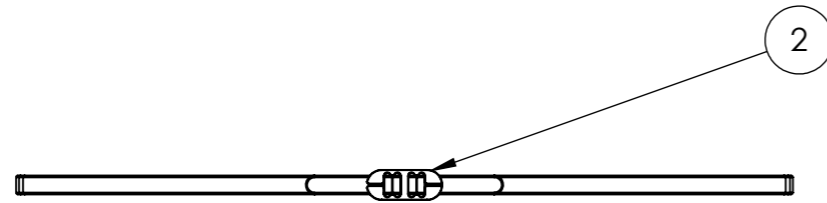




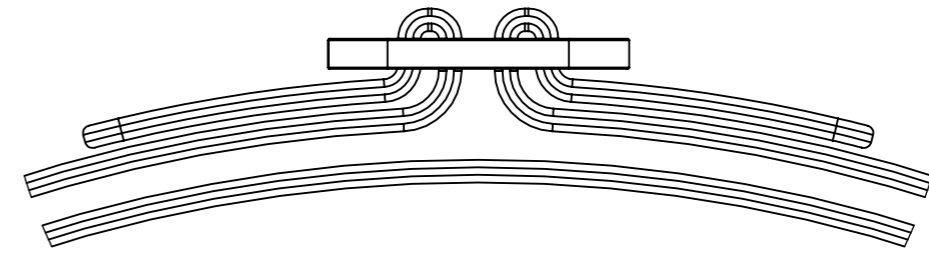
SECTION A-A
SCALE 5 : 1




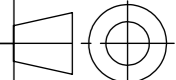
TOP VIEW

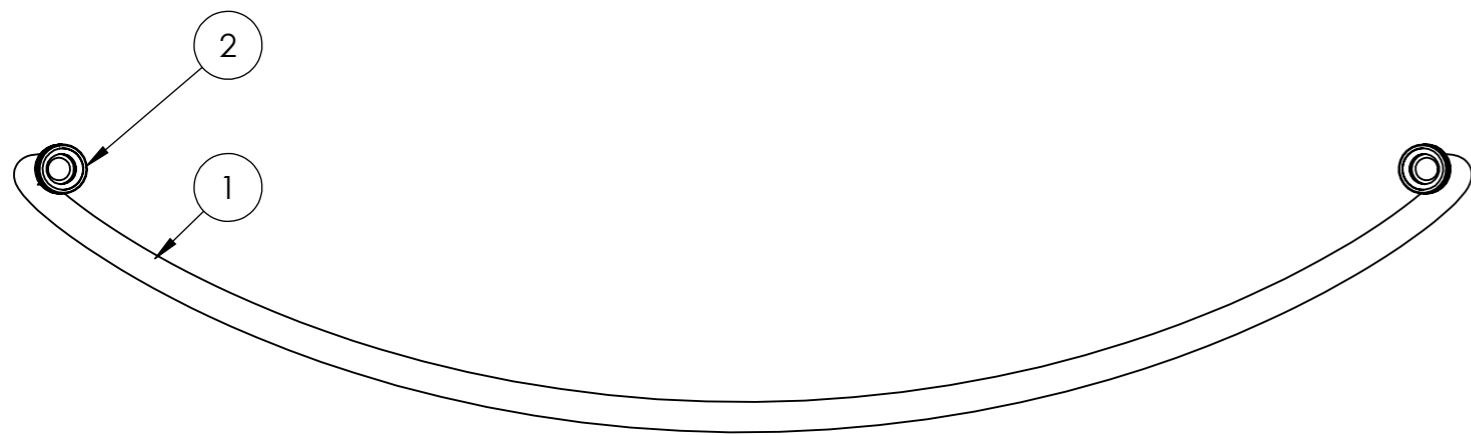


FRONT VIEW

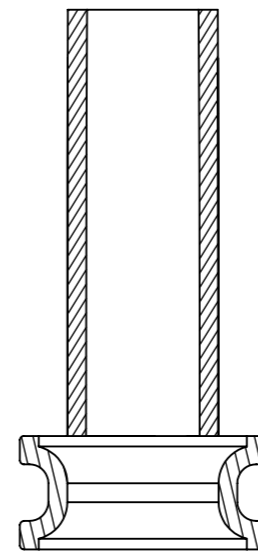


DETAIL B
SCALE 2 : 1

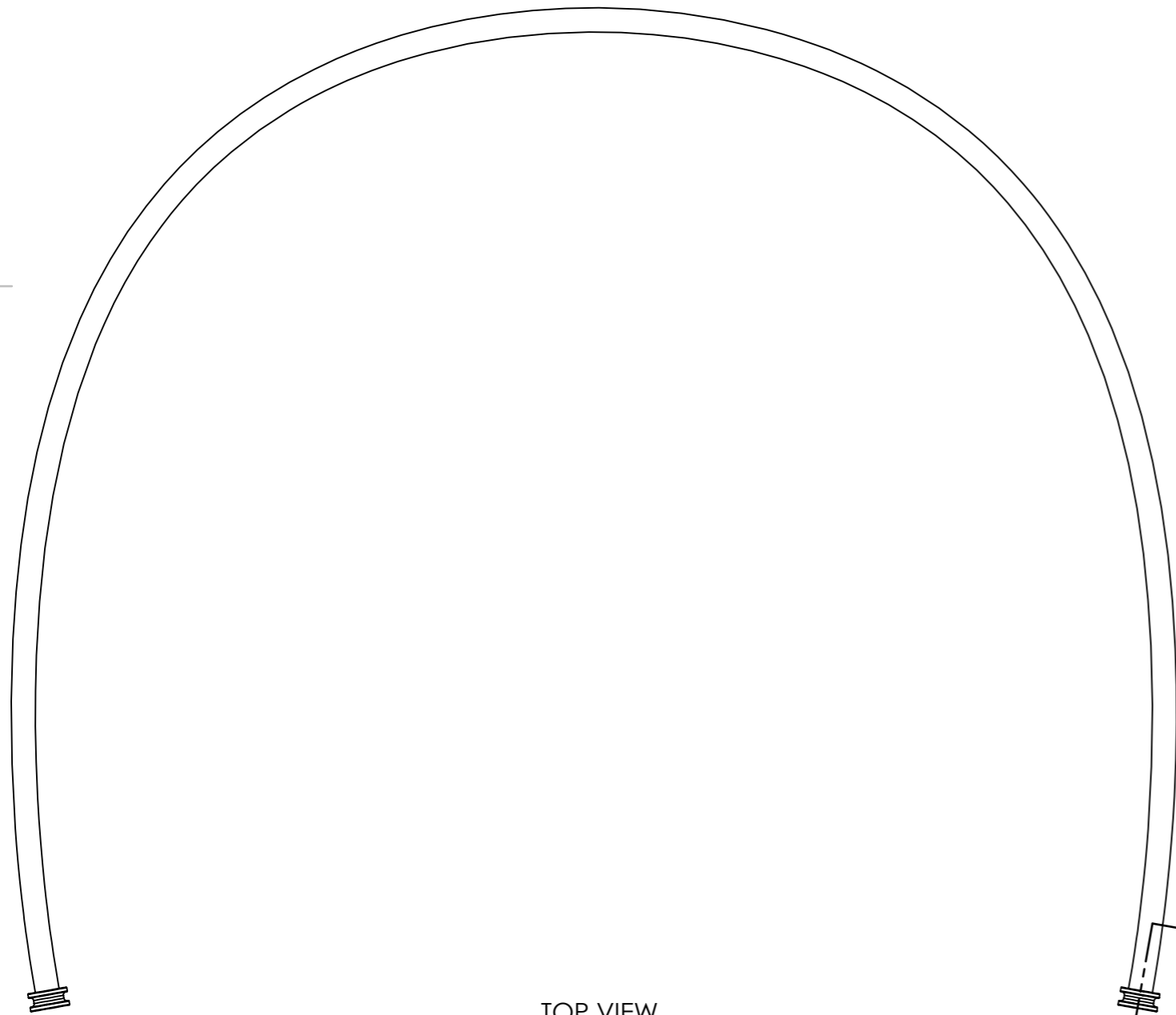
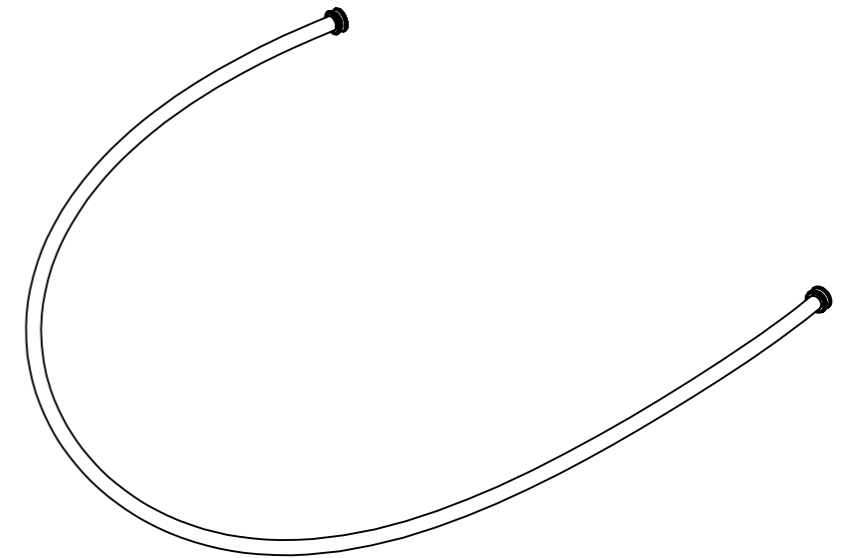
ITEM NO.	CODE	PART NUMBER	MAKE/BUY	MATERIAL	MANUFACTURING	QTY.
1	1.02.01.00.00.00	Band	BUY	Silicone	Extrusion	1
2	1.02.02.00.00.00	Support	MAKE	PC	Injection Molding	1
AUTORE Thomas Bottalico		DATA 7/7/2022	TIPO DI DOCUMENTO Assembly_ Elastic band		Note:	
RELATORE Prof. Ing. Giuseppe Andreoni			PROGETTO	Hydrobeat		
STUDENTE Thomas Bottalico 941842			INSIEME	Elastic band		
			GRUPPO	/		
			SOTTOGRUPPO	/		
			PARTICOLARE	/		
			CODICE	1.02.00.00.00.00		
 POLITECNICO DI MILANO Scuola del Design Corso di Laurea in Design & Engineering A.A. 2020 / 2021 - Final Project Work			DIS. N.	Scala 1:2		
			19	FOGLIO 0		




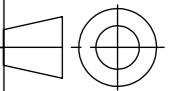
FRONT VIEW

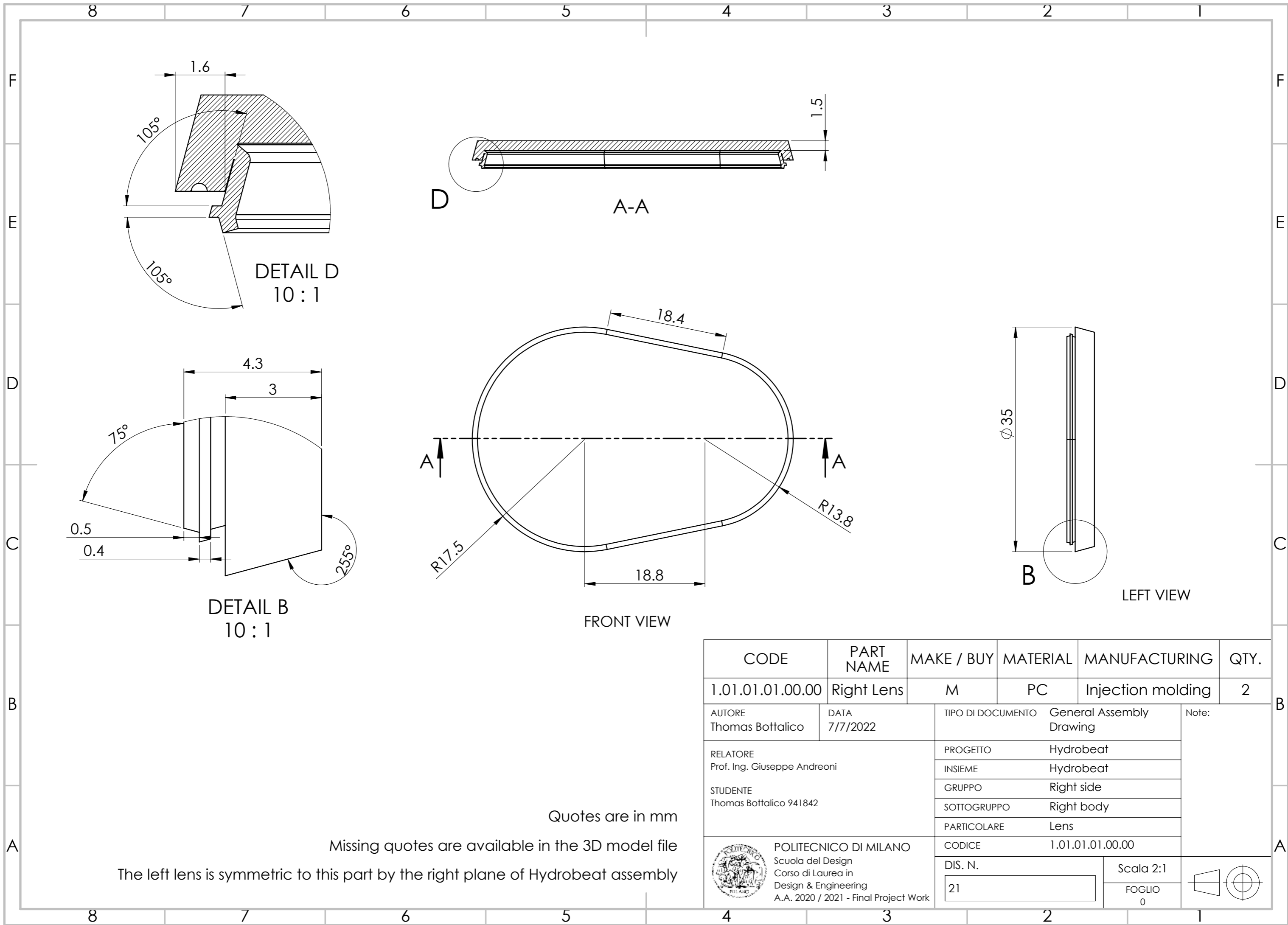


B-B
SCALE 5 : 1



TOP VIEW

ITEM NO.	CODE	PART NAME	MAKE/BUY	MATERIAL	MANUFACTURING	QTY.
1	1.03.01.00.00.00	Cover Cable	MAKE	Silicone	Extrusion	1
2	1.03.02.00.00.00	Gasket Cable	BUY	PL	Injection molding	2
AUTORE Thomas Bottalico		DATA 7/7/2022	TIPO DI DOCUMENTO Assembly - Elettric Cable		Note:	
RELATORE Prof. Ing. Giuseppe Andreoni		PROGETTO Hydrobeat				
STUDENTE Thomas Bottalico 941842		INSIEME Elettric Cable				
		GRUPPO /				
		SOTTOGRUPPO /				
		PARTICOLARE /				
		CODICE 1.03.00.00.00.00				
DIS. N. 20		Scala 1:1		FOGLIO 0		
 POLITECNICO DI MILANO Scuola del Design Corso di Laurea in Design & Engineering A.A. 2020 / 2021 - Final Project Work						



DETAIL B
10 : 1

FRONT VIEW

LEFT VIEW

CODE	PART NAME	MAKE / BUY	MATERIAL	MANUFACTURING	QTY.
1.01.01.01.00.00	Right Lens	M	PC	Injection molding	2
AUTORE Thomas Bottalico	DATA 7/7/2022	TIPO DI DOCUMENTO General Assembly Drawing		Note:	
RELATORE Prof. Ing. Giuseppe Andreoni		PROGETTO	Hydrobeat		
STUDENTE Thomas Bottalico 941842		INSIEME	Hydrobeat		
		GRUPPO	Right side		
		SOTTOGRUPPO	Right body		
		PARTICOLARE	Lens		
		CODICE	1.01.01.01.00.00		
		DIS. N.	Scala 2:1		
		21	FOGLIO 0		

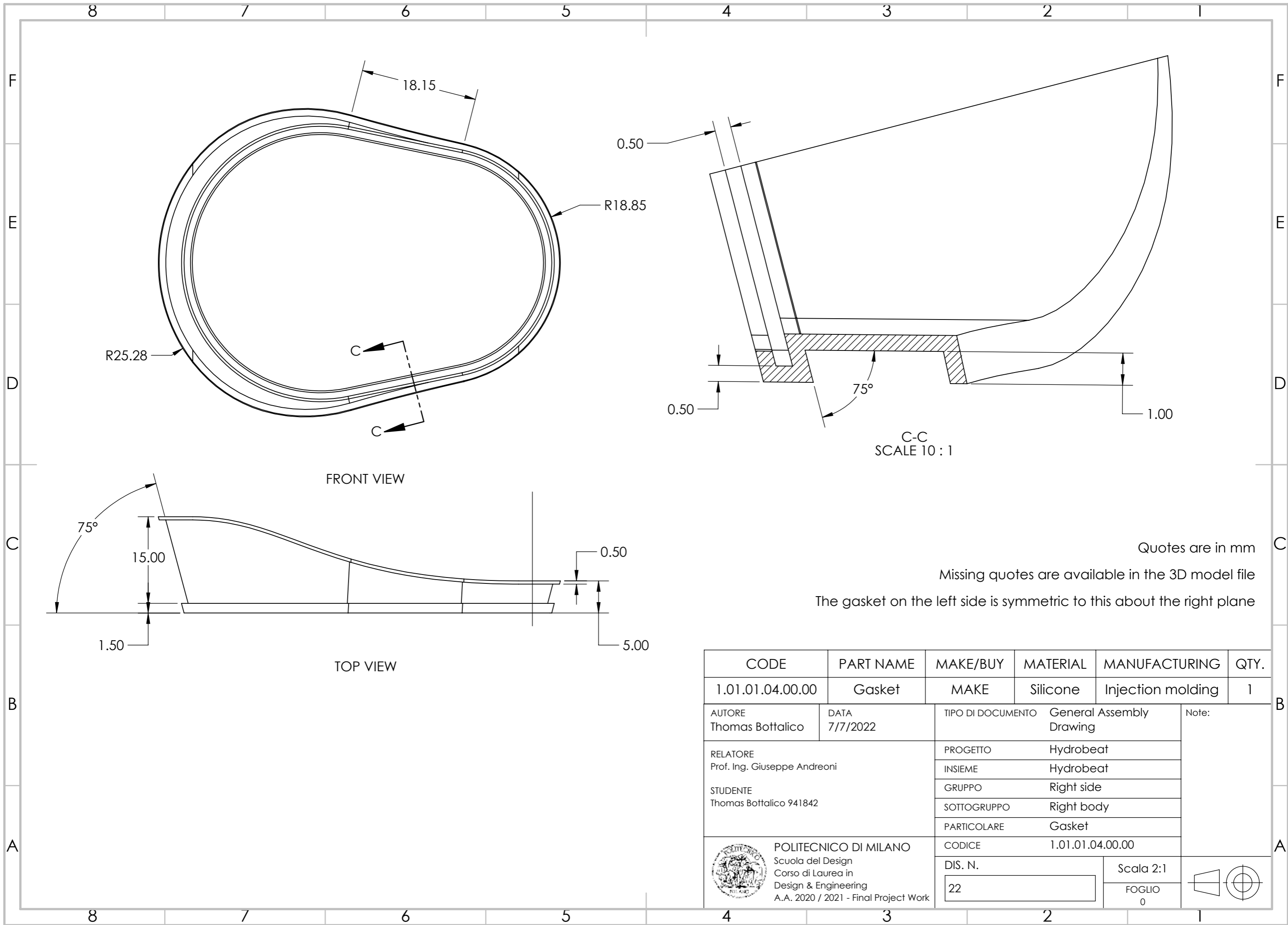
Quotes are in mm

Missing quotes are available in the 3D model file

The left lens is symmetric to this part by the right plane of Hydrobeat assembly



POLITECNICO DI MILANO
Scuola del Design
Corso di Laurea in
Design & Engineering
A.A. 2020 / 2021 - Final Project Work

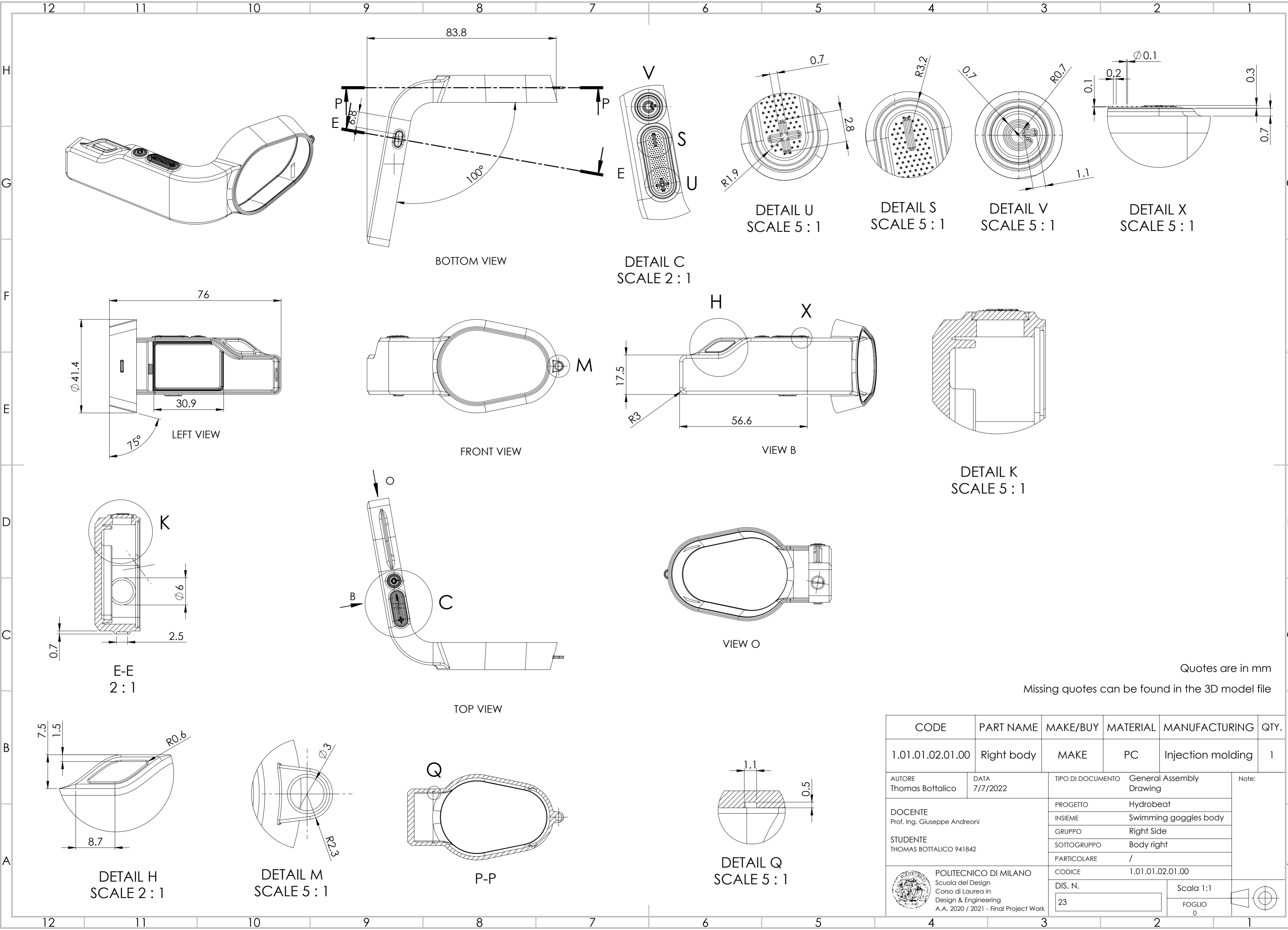


Quotes are in mm

Missing quotes are available in the 3D model file

The gasket on the left side is symmetric to this about the right plane

CODE	PART NAME	MAKE/BUY	MATERIAL	MANUFACTURING	QTY.
1.01.01.04.00.00	Gasket	MAKE	Silicone	Injection molding	1
AUTORE Thomas Bottalico	DATA 7/7/2022	TIPO DI DOCUMENTO	General Assembly Drawing		Note:
RELATORE Prof. Ing. Giuseppe Andreoni		PROGETTO	Hydrobeat		
STUDENTE Thomas Bottalico 941842		INSIEME	Hydrobeat		
		GRUPPO	Right side		
		SOTTOGRUPPO	Right body		
		PARTICOLARE	Gasket		
 POLITECNICO DI MILANO Scuola del Design Corso di Laurea in Design & Engineering A.A. 2020 / 2021 - Final Project Work		CODICE	1.01.01.04.00.00		
		DIS. N.	Scala 2:1		
		22	FOGLIO 0		

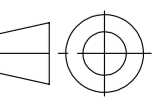


Quotes are in mm
Missing quotes can be found in the 3D model file

CODE	PART NAME	MAKE/BUY	MATERIAL	MANUFACTURING	QTY.
1.01.01.02.01.00	Right body	MAKE	PC	Injection molding	1
AUTORE Thomas Bottalico		DATA 7/7/2022	TIPO DI DOCUMENTO General Assembly Drawing		Note:
DOCENTE Prof. Ing. Giuseppe Andreoni		PROGETTO Hydrobeat			
STUDENTE THOMAS BOTTALICO 941842		INSIEME Swimming goggles body			
GRUPPO Right Side			SOTTOGRUPPO Body right		
PARTICOLARE /			CODICE 1.01.01.02.01.00		
DIS. N. 23		Scala 1:1		FOGLIO 0	



POLITECNICO DI MILANO
Scuola del Design
Corso di Laurea in
Design & Engineering
A.A. 2020 / 2021 - Final Project Work



8 7 6 5 4 3 2 1

F

E

D

C

B

A

F

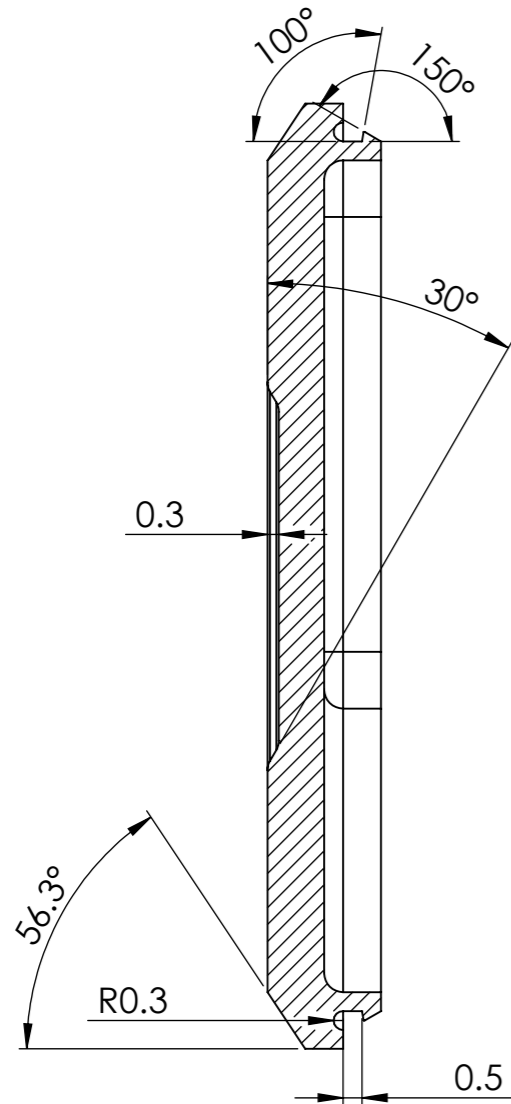
E

D

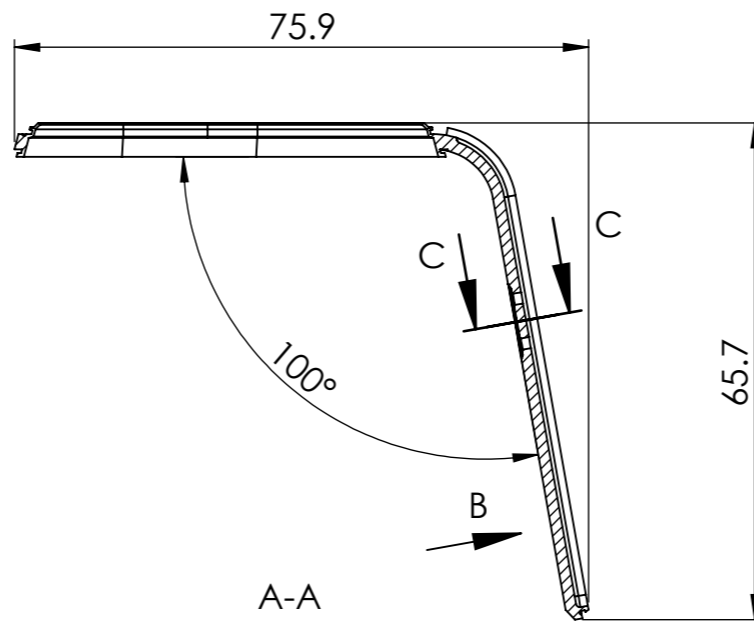
C

B

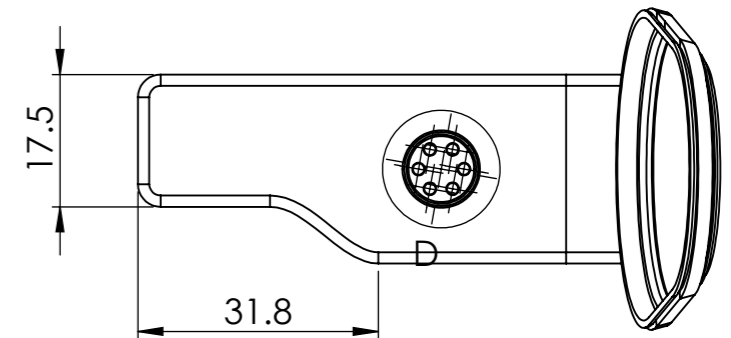
A



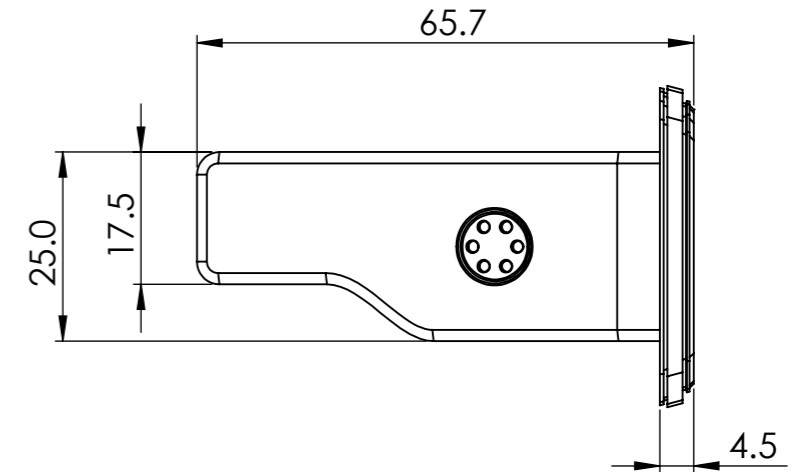
C-C
SCALE 5 : 1



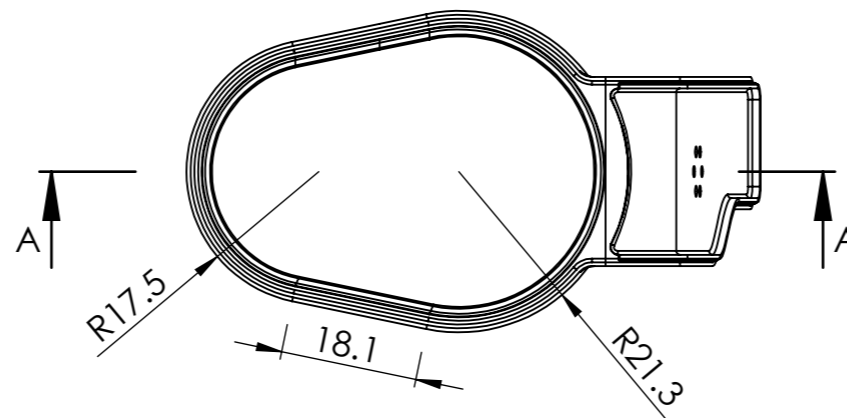
A-A



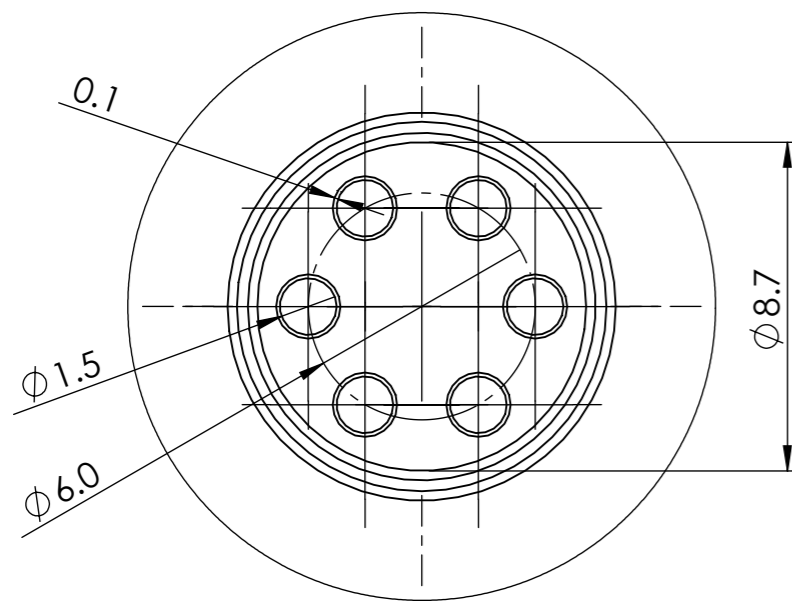
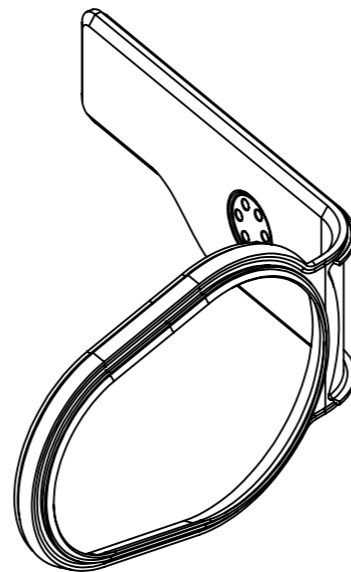
VIEW B



LEFT VIEW



FRONT VIEW



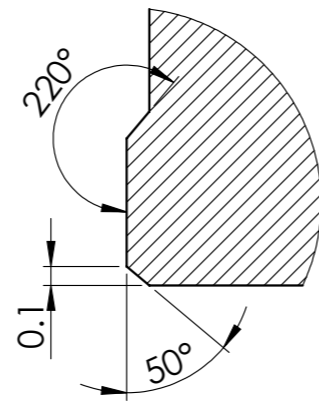
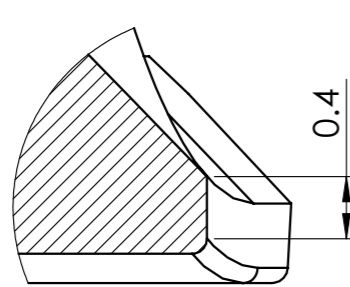
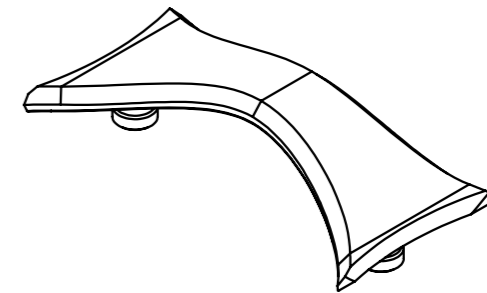
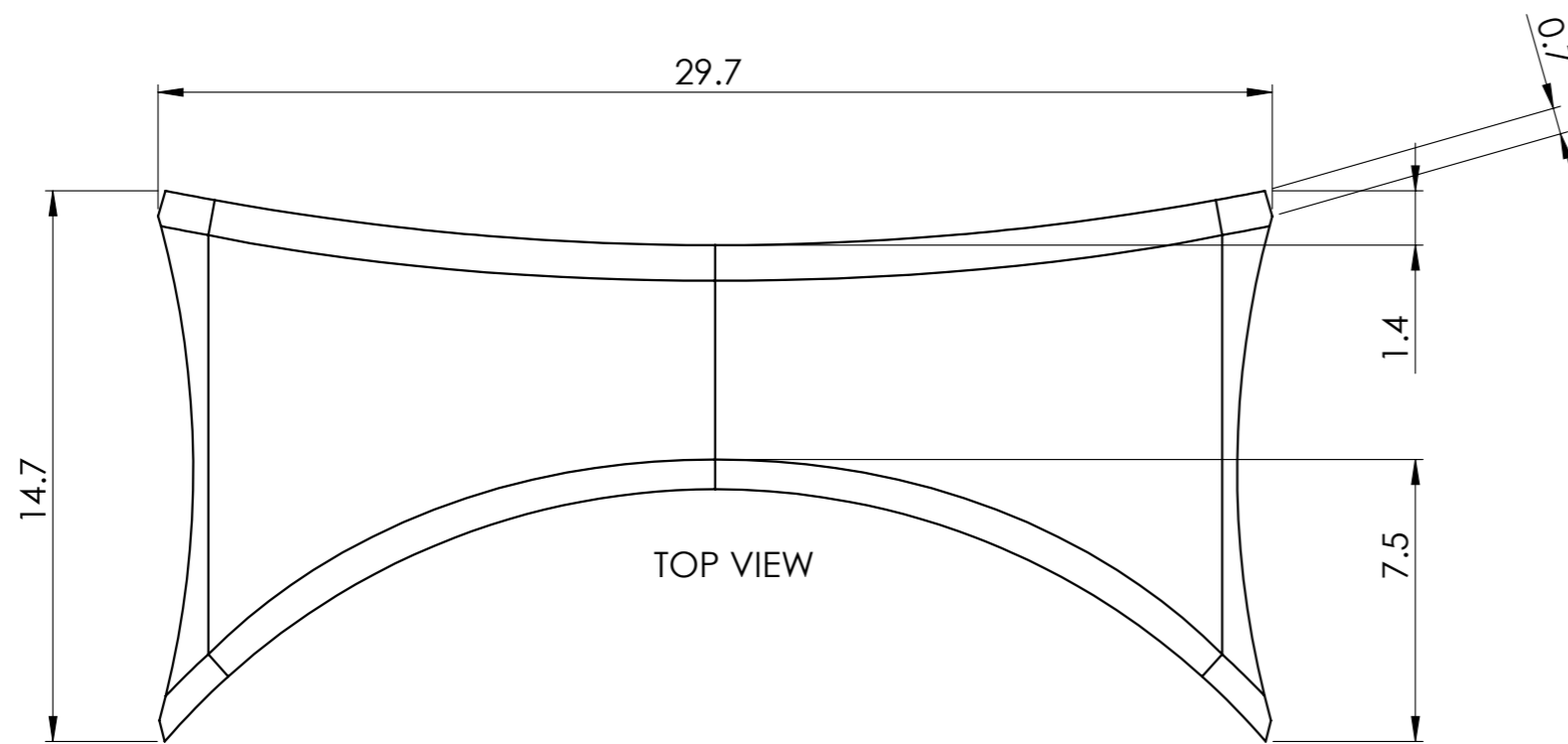
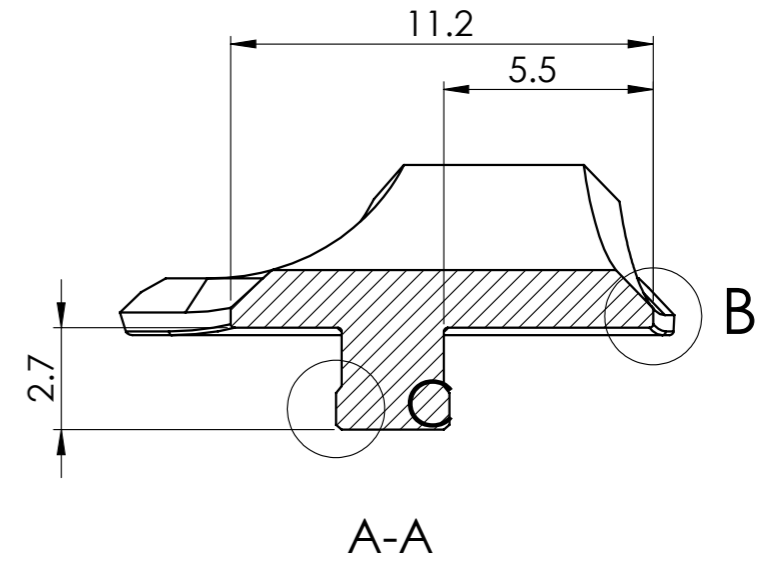
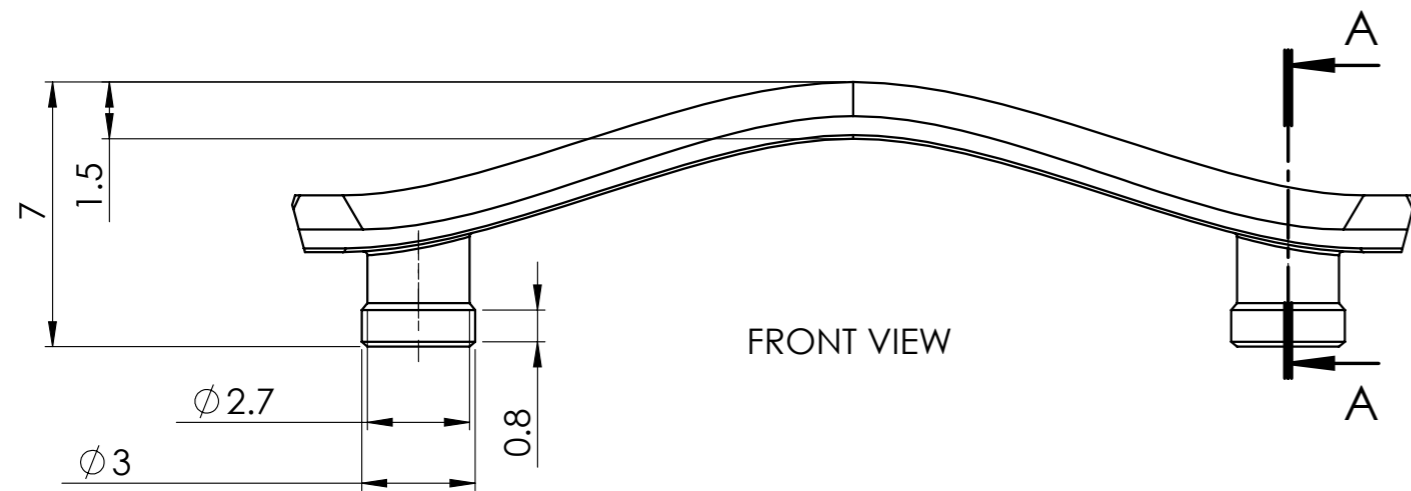
DETAIL D
SCALE 5 : 1

Quotes in mm

Missing quote are available on the 3D model file

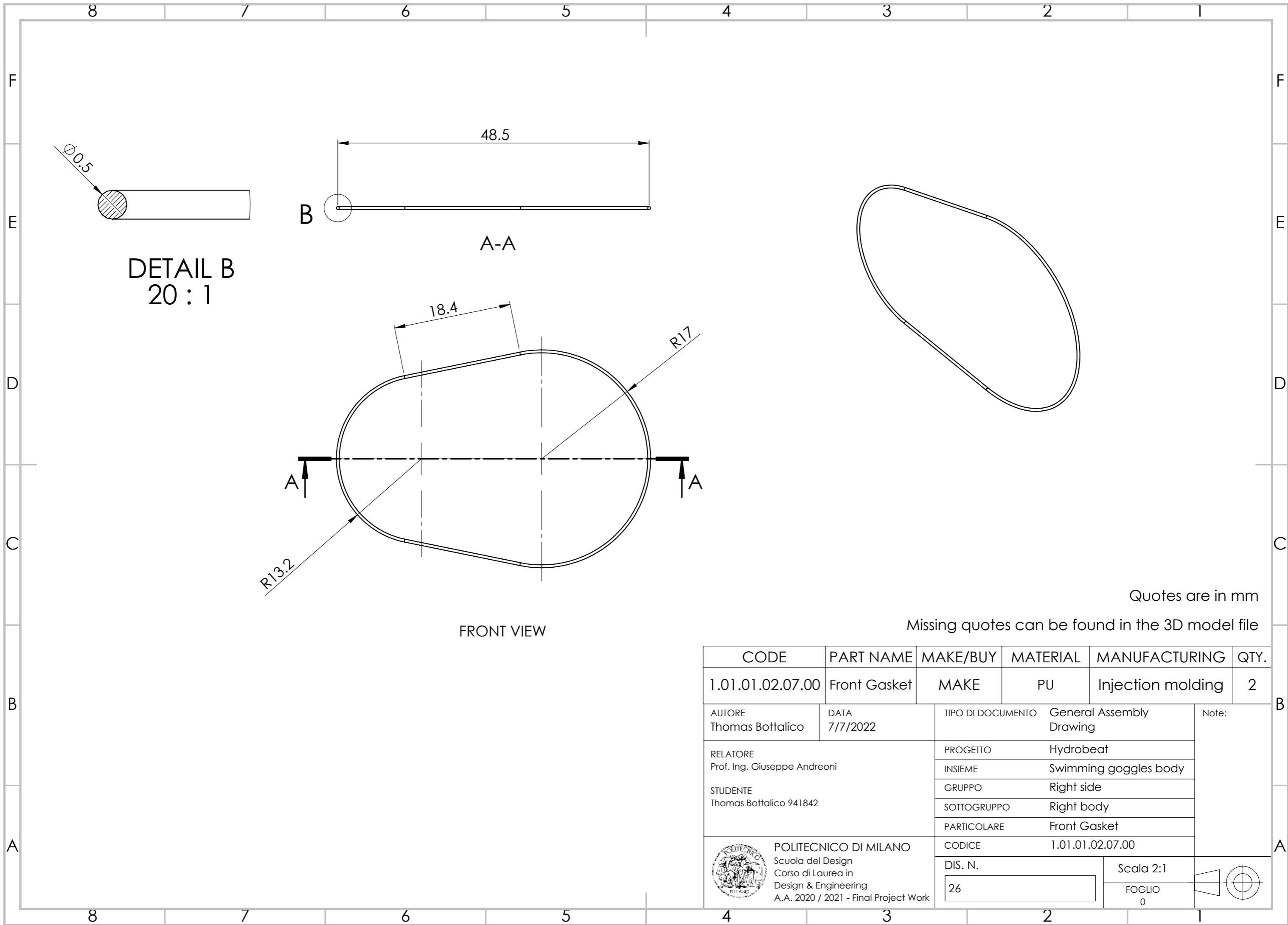
CODE	PART NUMBER	MAKE/BUY	MATERIAL	MANUFACTURING	QTY.
1.01.01.03.01.00	Support Body	MAKE	TPU	Injection molding	1
AUTORE Thomas Bottalico	DATA 7/7/2022	TIPO DI DOCUMENTO	Component - Support Body		Note:
RELATORE Prof. Ing. Giuseppe Andreoni	PROGETTO	Hydrobeat			
STUDENTE Thomas Bottalico 941842	INSIEME	Swimming goggles body			
GRUPPO	Right side				
SOTTOGRUPPO	Support Body				
PARTICOLARE	/				
CODICE	1.01.01.03.01.00				
DIS. N.	24		Scala 1:1	FOGLIO 0	
POLITECNICO DI MILANO Scuola del Design Corso di Laurea in Design & Engineering A.A. 2020 / 2021 - Final Project Work					

8 7 6 5 4 3 2 1



Quotes are in mm
Missing quotes are available in the 3D model file

CODE	PART NUMBER	MAKE / BUY	MATERIAL	MANUFACTURING	QTY.
1.01.03.00.00.00	Nose Bridge	MAKE	PC	Injection molding	1
AUTORE Thomas Bottalico	DATA 7/7/2022	TIPO DI DOCUMENTO	General Assembly Drawing		Note:
RELATORE Prof. Ing. Giuseppe Andreoni	PROGETTO	Hydrobeat			
STUDENTE Thomas Bottalico 941842	INSIEME	Hydrobeat			
	GRUPPO	Body swimming goggles			
SOTTOGRUPPO	Nose bridge				
PARTICOLARE	/				
CODICE	1.01.03.00.00.00				
DIS. N. 25	Scala 5:1		FOGLIO 0		
POLITECNICO DI MILANO Scuola del Design Corso di Laurea in Design & Engineering A.A. 2020 / 2021 - Final Project Work					




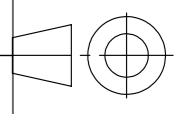
DETAIL B
20 : 1

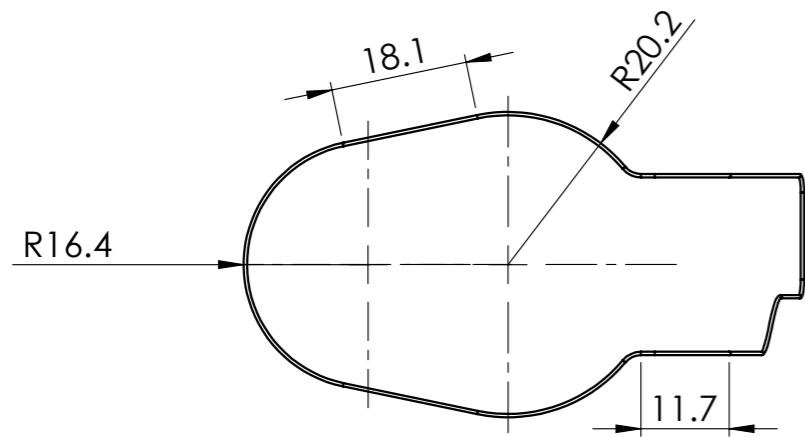
A-A

FRONT VIEW

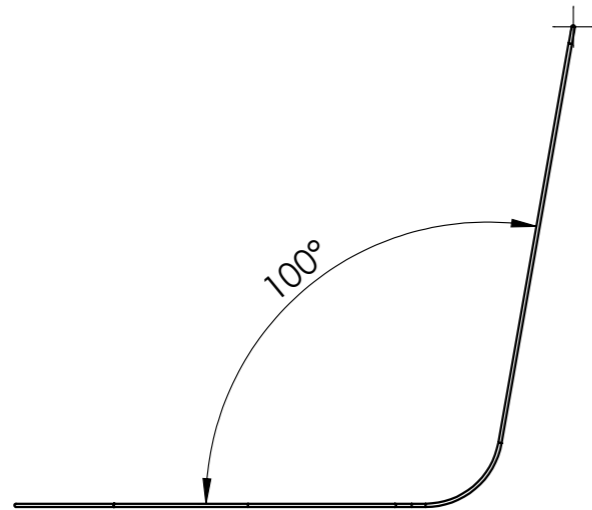
Quotes are in mm

Missing quotes can be found in the 3D model file

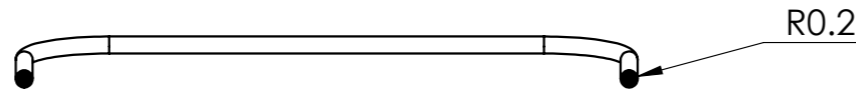
CODE	PART NAME	MAKE/BUY	MATERIAL	MANUFACTURING	QTY.
1.01.01.02.07.00	Front Gasket	MAKE	PU	Injection molding	2
AUTORE Thomas Bottalico	DATA 7/7/2022	TIPO DI DOCUMENTO General Assembly Drawing			Note:
RELATORE Prof. Ing. Giuseppe Andreoni		PROGETTO	Hydrobeat		
STUDENTE Thomas Bottalico 941842		INSIEME	Swimming goggles body		
		GRUPPO	Right side		
		SOTTOGRUPPO	Right body		
		PARTICOLARE	Front Gasket		
		CODICE	1.01.01.02.07.00		
 POLITECNICO DI MILANO Scuola del Design Corso di Laurea in Design & Engineering A.A. 2020 / 2021 - Final Project Work		DIS. N. 26		Scala 2:1	
		FOGLIO 0			



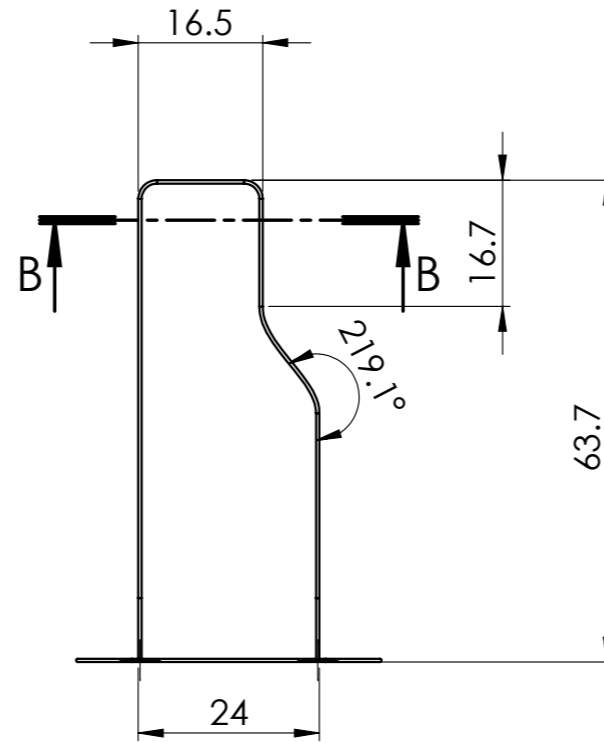
FRONT VIEW



TOP VIEW



B-B
SCALE 5 : 1



RIGHT VIEW

Quotes are in mm

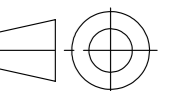
Missing quotes can be found in the 3D model file

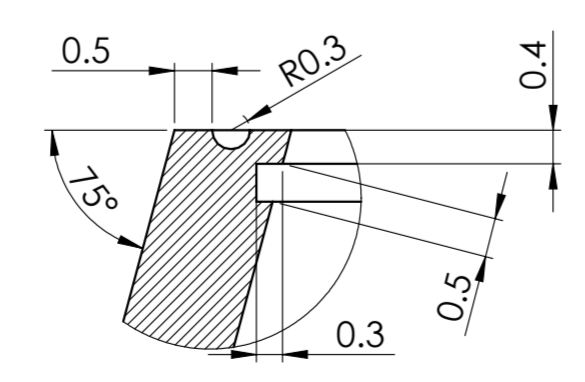
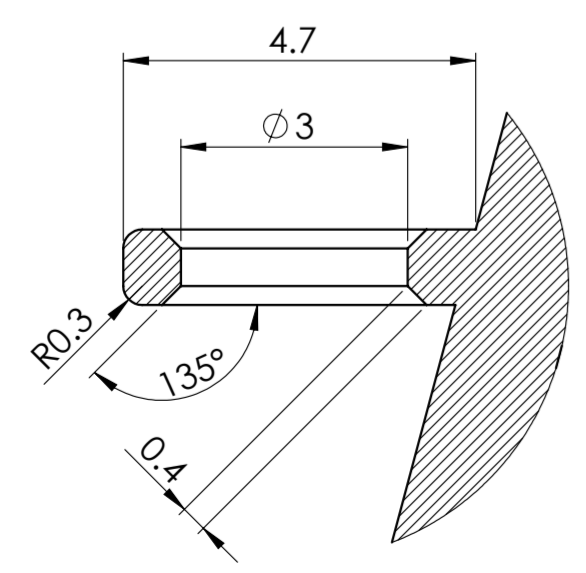
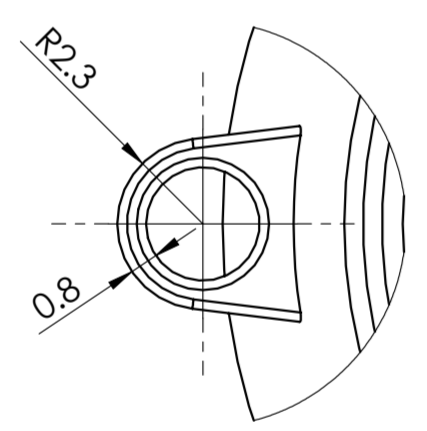
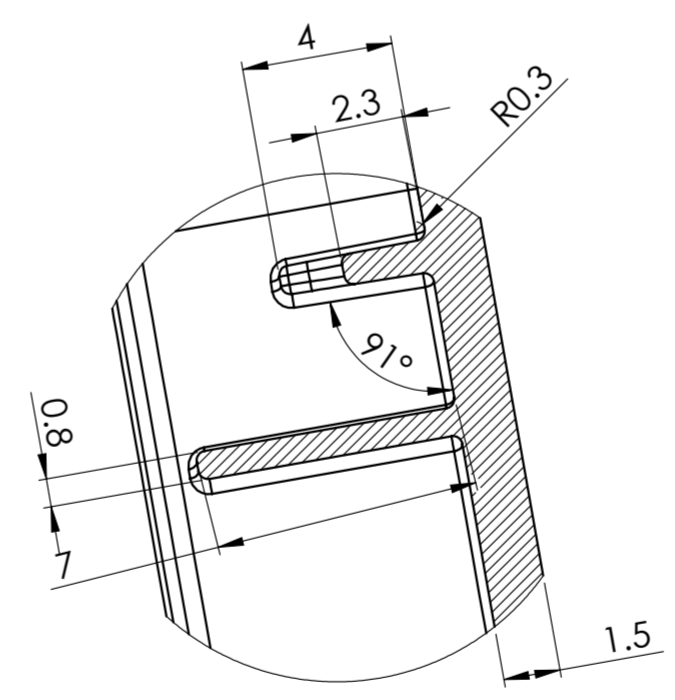
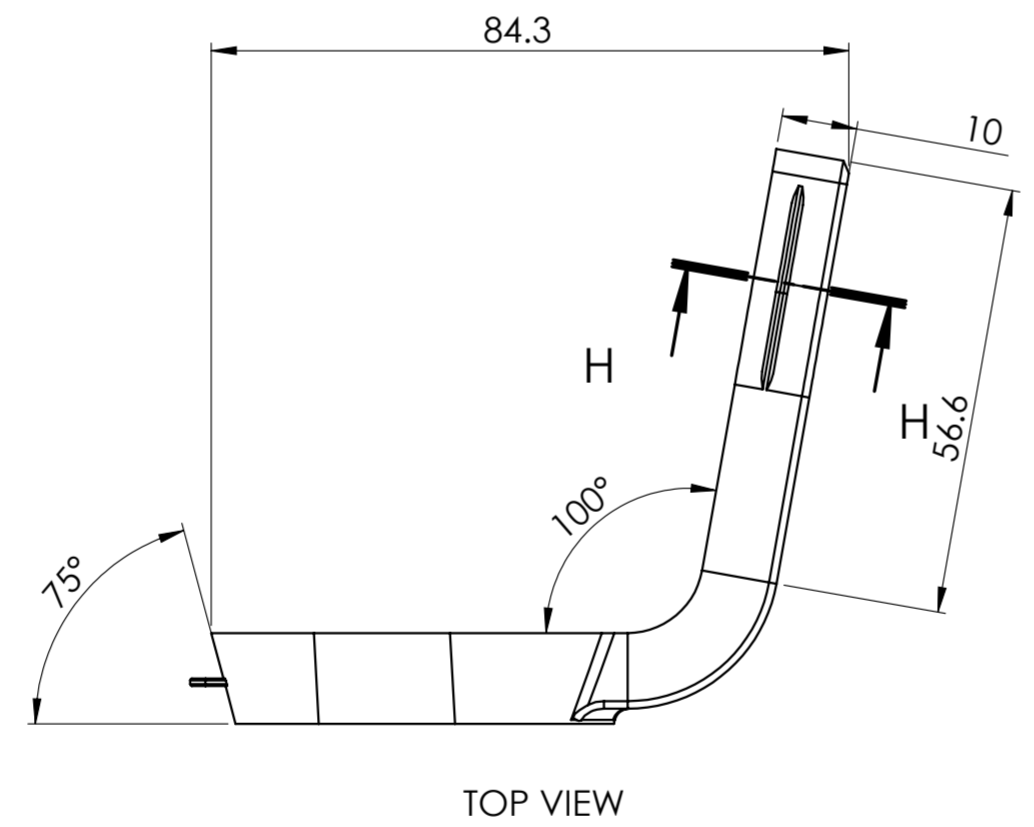
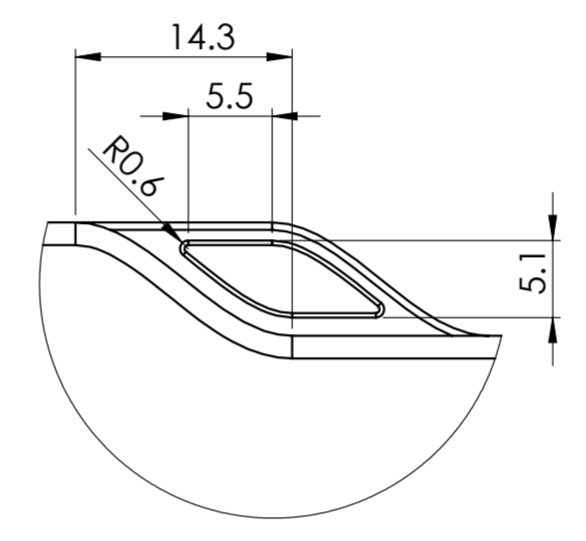
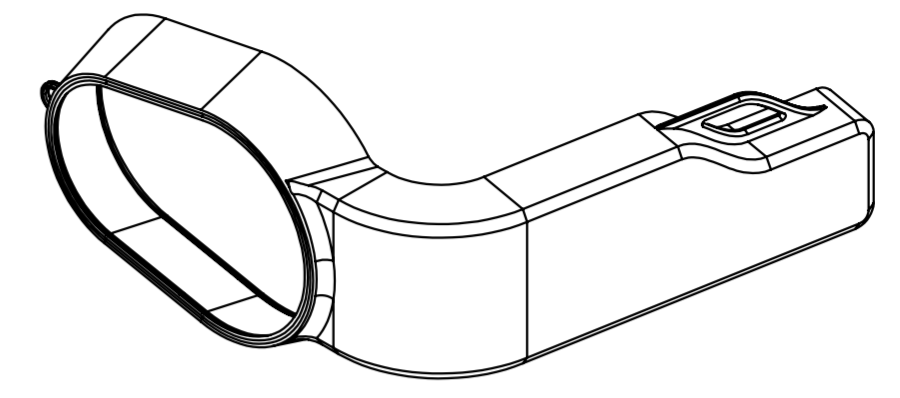
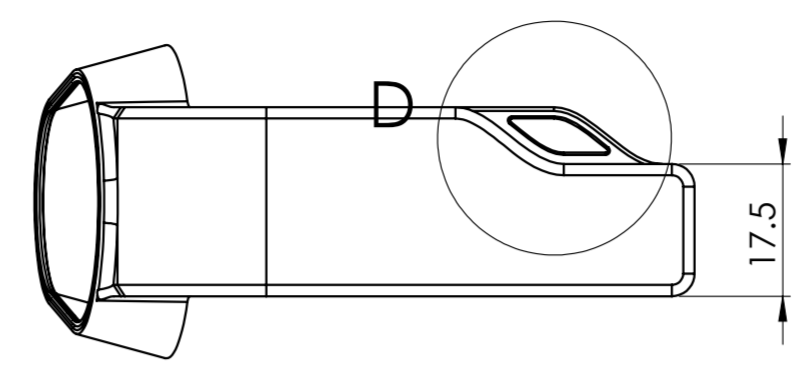
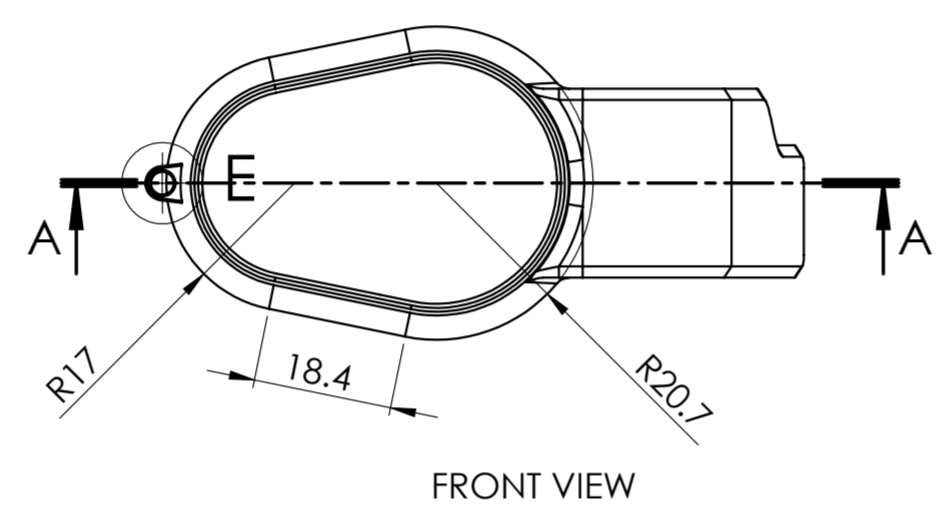
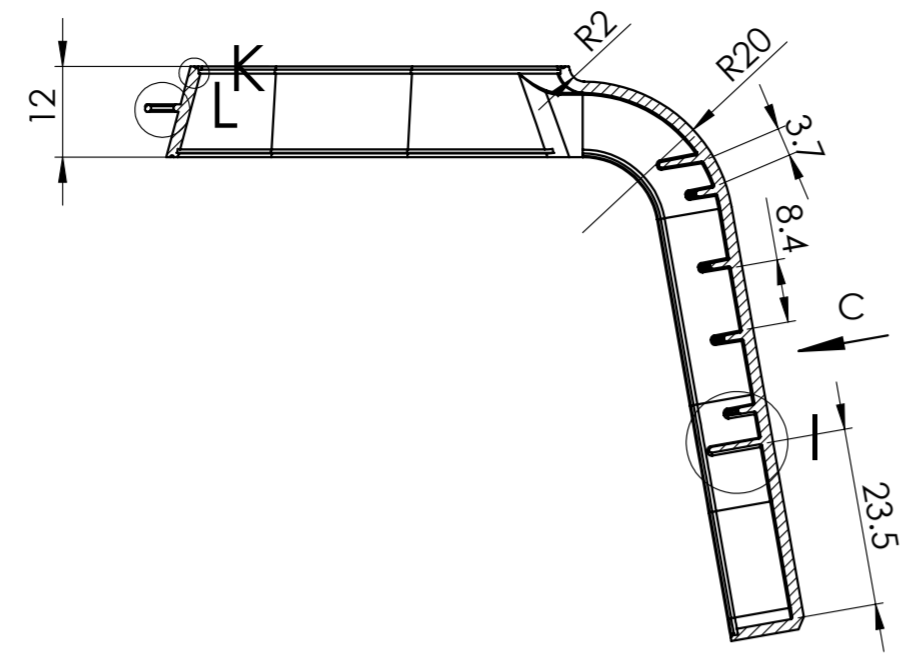
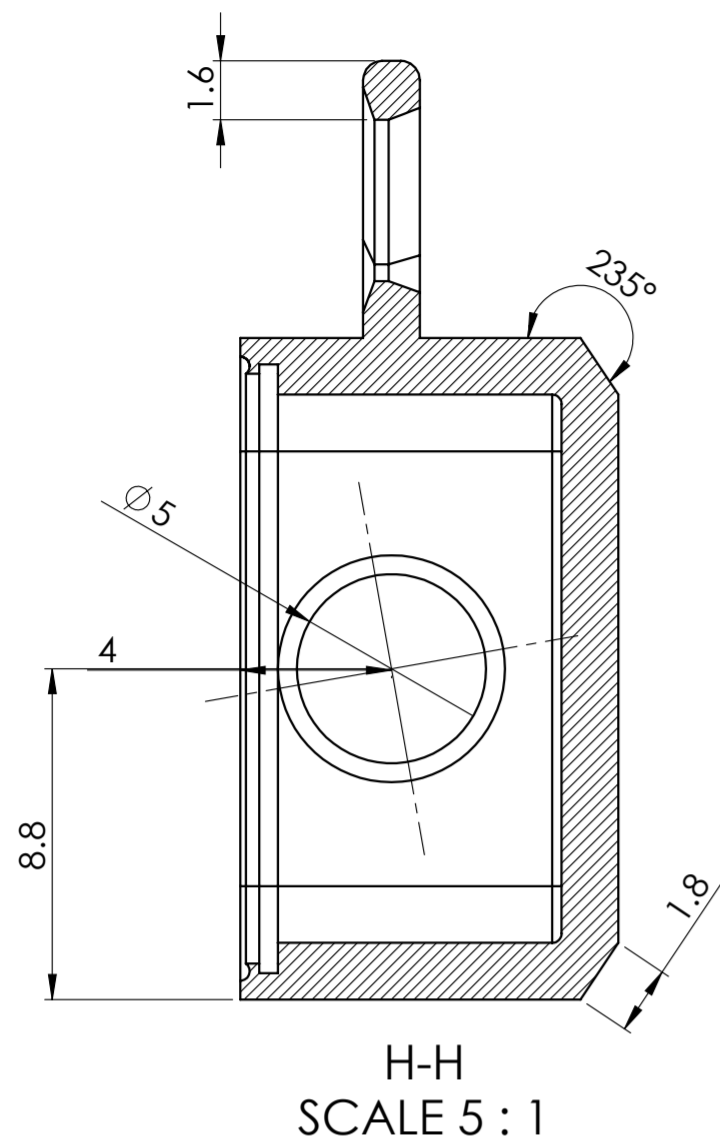
1.01.02.02.03.00 is mirrored about right plane

ITEM NO.	PART NUMBER	MAKE/BUY	DESCRIPTION	MANUFACTURING	QTY.
1.01.01.02.08.00	Back Gasket	MAKE	PU	Injection molding	1
AUTORE Thomas Bottalico		DATA 7/7/2022	TIPO DI DOCUMENTO Component - Back Gasket		Note:
RELATORE Prof. Ing. Giuseppe Andreoni		PROGETTO	Hydrobeat		
STUDENTE Thomas Bottalico 941842		INSIEME	Swimming goggles body		
		GRUPPO	Right side		
		SOTTOGRUPPO	Right body		
		PARTICOLARE	Back gasket		
		CODICE	1.01.01.02.08.00		
		DIS. N.	Scala 1:1		
		27	FOGLIO 0		



POLITECNICO DI MILANO
Scuola del Design
Corso di Laurea in
Design & Engineering
A.A. 2020 / 2021 - Final Project Work



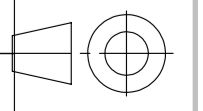


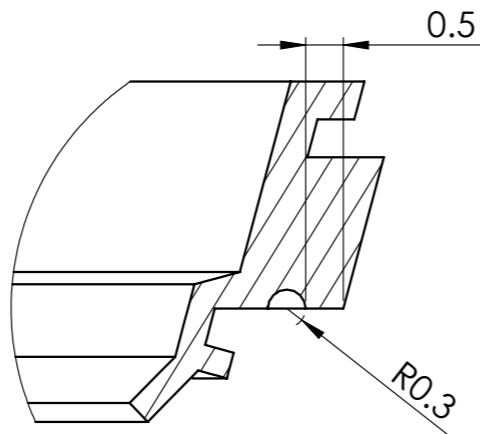
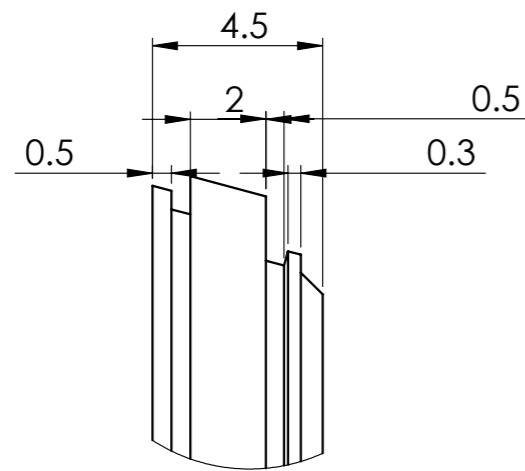
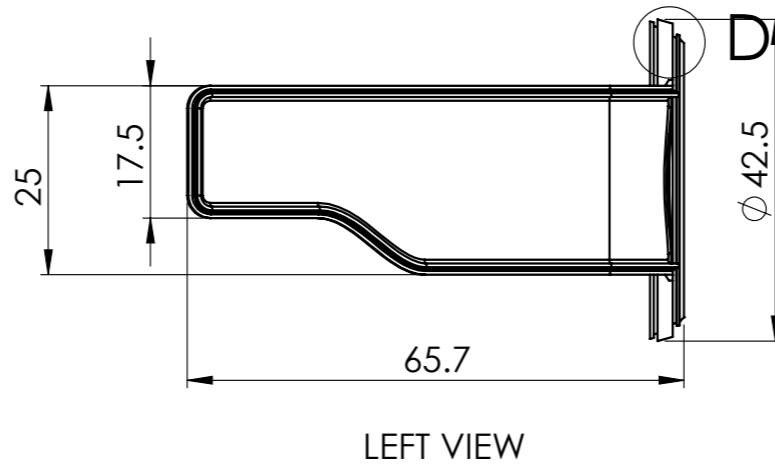
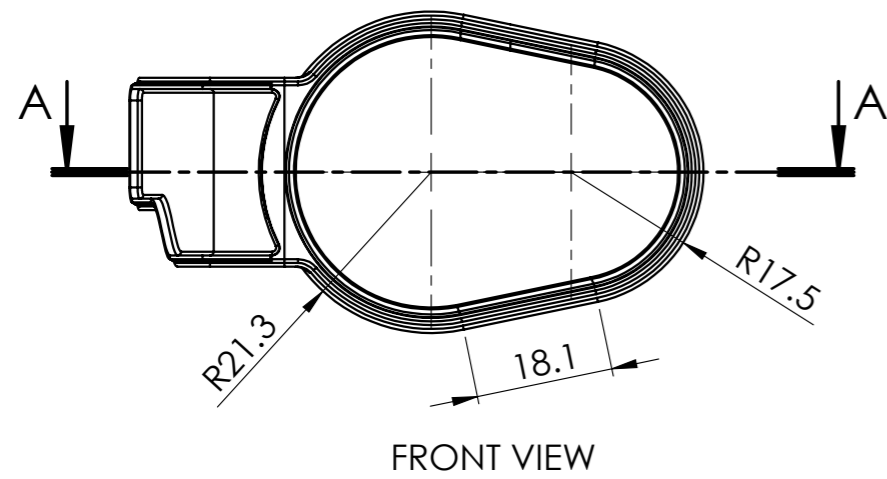
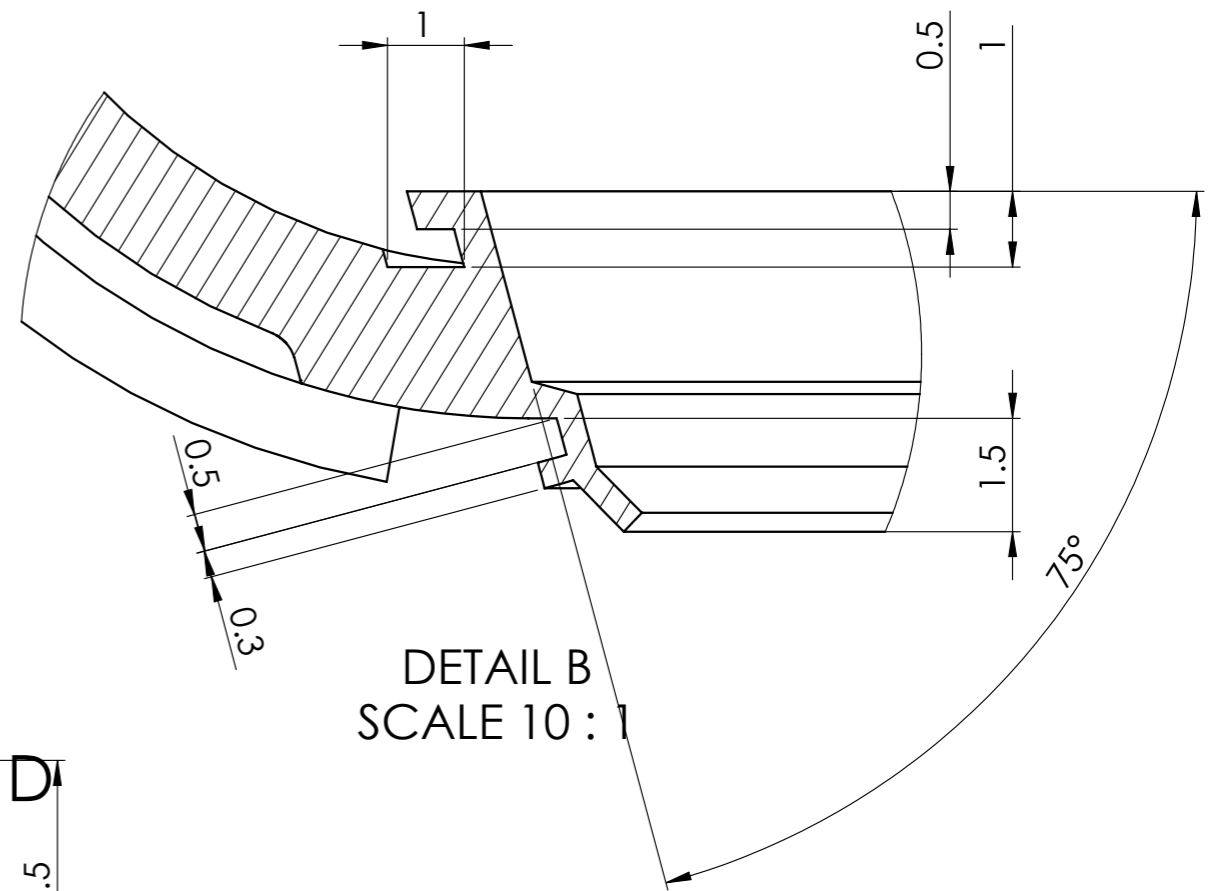
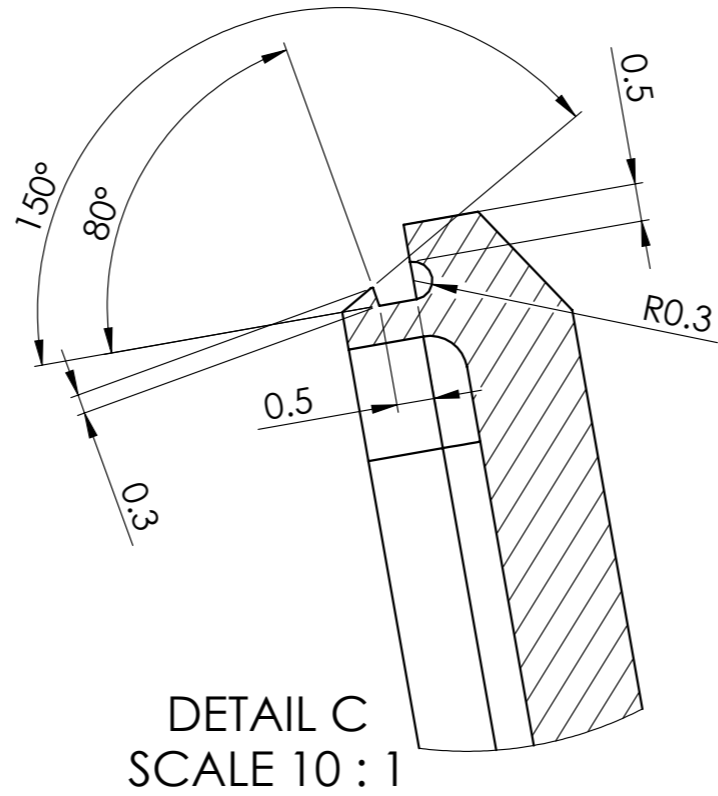
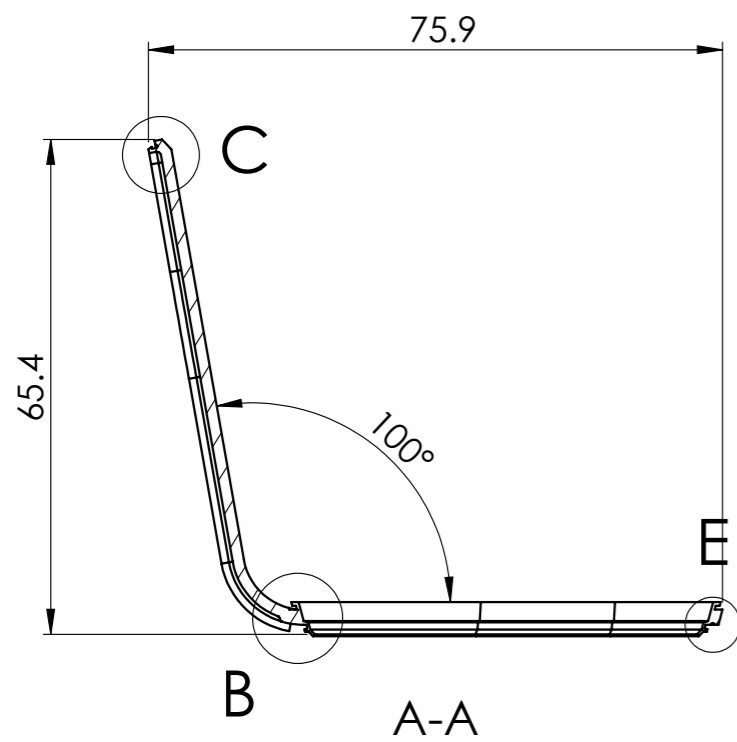
Quote are in mm
Missing quote are available in the 3D model file

ITEM NO.	CODE	PART NAME	MAKE/BUY	MATERIAL	MANUFACTURING	QTY.
1	1.01.01.02.01.00	Body	MAKE	PC	PC	1
AUTORE Thomas Bottalico		DATA 7/7/2022		TIPO DI DOCUMENTO Component - Left Body		Note:
DOCENTE Prof. Ing. Giuseppe Andreoni		PROGETTO		Hydrobeat		
STUDENTE THOMAS BOTTALICO 941842		INSIEME		Swimming goggles body		
		GRUPPO		Left Side		
		SOTTOGRUPPO		Left Body		
		PARTICOLARE		/		
		CODICE		1.01.01.02.01.00		
		DIS. N.		Scala 1:1		
		28		FOGLIO 0		



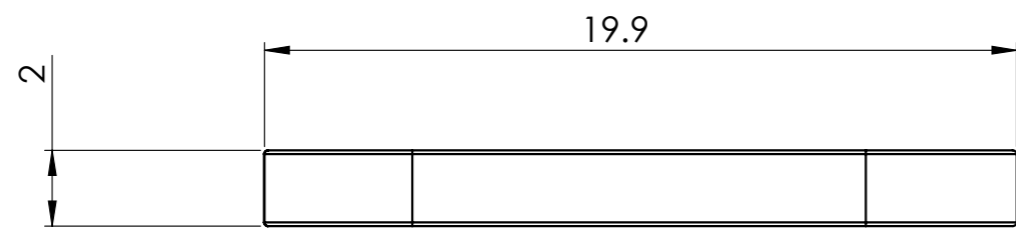
POLITECNICO DI MILANO
Scuola del Design
Corso di Laurea in
Design & Engineering
A.A. 2020 / 2021 - Final Project Work



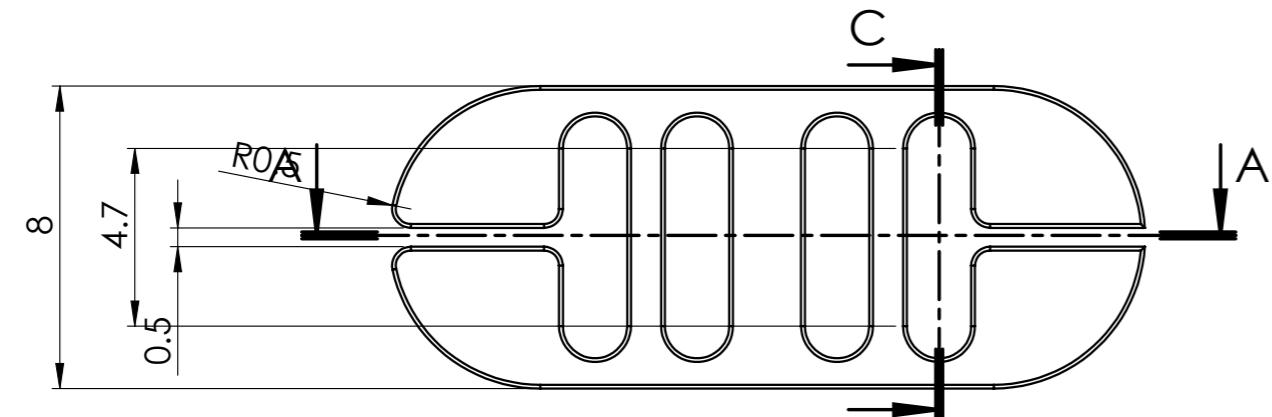
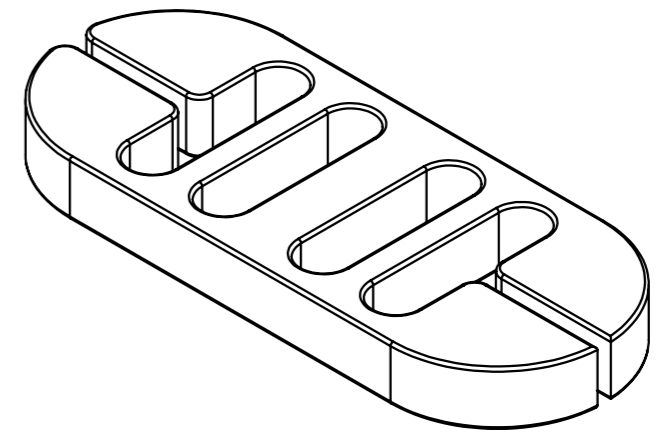


Quotes are in mm
Missing quotes are available on the 3D model file

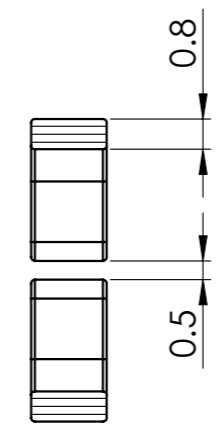
ITEM NO.	CODE	PART NAME	MAKE/BUY	MATERIAL	MANUFACTURING	QTY.
1	1.01.01.03.01.00	Support Body	MAKE	TPU	Injection Molding	1
AUTORE Thomas Bottalico		DATA 7/7/2022	TIPO DI DOCUMENTO Component - Support Body		Note:	
RELATORE Prof. Ing. Giuseppe Andreoni		PROGETTO Hydrobeat		INSIEME Swimming goggles body		
STUDENTE Thomas Bottalico 941842		GRUPPO Left Side		SOTTOGRUPPO Support Body		
		PARTICOLARE /		CODICE 1.01.01.03.01.00		
POLITECNICO DI MILANO Scuola del Design Corso di Laurea in Design & Engineering A.A. 2020 / 2021 - Final Project Work		DIS. N. 29		Scala 1:1 FOGLIO 0		



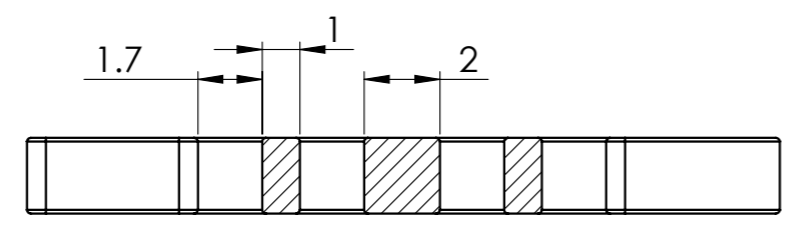
FRONT VIEW



TOP VIEW


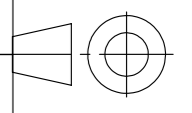


C-C



A-A

Quotes are in mm
Missing quotes are available in the 3D model file

CODE	PART NAME	MAKE/BUY	MATERIAL	MANUFACTURING	QTY.
1.02.02.00.00.00	Support	MAKE	PC	Injection molding	1
AUTORE Thomas Bottalico	DATA 7/7/2022	TIPO DI DOCUMENTO Component - Support			Note:
RELATORE Prof. Ing. Giuseppe Andreoni		PROGETTO	Hydrobeat		
STUDENTE Thomas Bottalico 941842		INSIEME	Elastic band		
		GRUPPO	Support		
		SOTTOGRUPPO	/		
		PARTICOLARE	/		
		CODICE	1.02.02.00.00.00		
 POLITECNICO DI MILANO Scuola del Design Corso di Laurea in Design & Engineering A.A. 2020 / 2021 - Final Project Work		DIS. N. 30	Scala 5:1		
			FOGLIO 0		