

S A A D
Scuola di Ateneo

Architettura e Design
Eduardo Vittoria
Università di Camerino

CORSO DI LAUREA IN
Disegno Industriale e ambientale

**IDEAZIONE E SVILUPPO PROGETTUALE
DI UNO SPAZZOLINO DA DENTI PLASTICO
DISASSEMBLABILE E SOSTENIBILE**

Laureando:
Alessio D'Angelo

Relatore:
Jacopo Mascitti

Anno accademico 2021/2022

INDICE

1.	Introduzione	5
2.	Evoluzione dello spazzolino da denti	9
3.	Lo spazzolino da denti oggi	17
3.1	caratteristiche generali	18
3.2	tipologie merceologiche	24
4.	Materiali e tecnologie di produzione	29
4.1	stampaggio a iniezione	30
4.2	materiali impiegati per la produzione per lo stampaggio a iniezione	36
4.3	tecniche di ancoraggio delle setole	38
4.4	fibre impiegate per le setole	42
5.	LCA di spazzolini da denti	47
5.1	Combining evidence based healthcare with enviromental sustainability: using the toothbrush as a model.	48
5.2	Incorporating sustainability into assessment of oral health interventions	56
5.3	Riflessioni progettuali	61

6.	Analisi morfologica e funzionale dello spazzolino da denti	65
7.	Sviluppo concept	85
7.1	Criteri di sviluppo progettuale	86
7.2	Concept #01	88
7.3	Concept #02	90
7.4	Concept #03	92
7.5	Concept #04	94
7.6	Concept #05	96
7.7	Concept #06	98
7.8	Concept #07	100
7.9	Modelli di studio	102
8.	Ri-Brush	107
8.1	caratteristiche del prodotto	108
8.2	materiali e tecnologie impiegate	112
8.3	strategia d'innovazione in chiave ambientale del prodotto: il disassemblaggio	116
8.4	fasi del disassemblaggio del prodotto	118
8.5	sviluppo stampo per stampaggio a iniezione	122
8.6	disegni tecnici e render	126
	Bibliografia & sitografia	136
	Allegati	138
A1.	Combining evidence based healthcare with enviromental sustainability: using the toothbrush as a model.	138
A2.	Incorporating sustainability into assessment of oral health interventions	148

*Tutte le immagini presenti in questo documento
sono di proprietà dei legittimi autori.*

1. Introduzione

Ogni spazzolino presenta differenze più o meno marcate. Ci sono prodotti che fanno della loro forza l'ergonomia, adottando manici più o meno formalmente elaborati e utilizzando la tecnica del co-stampaggio per avere parti morbide che migliorano il grip e il "touch and feel" del prodotto;

ce ne sono di altri che puntano sulla professionalità e qualità del manico e della testina;

c'è chi opta per elaborati pattern di setole dalle differenti altezze studiati per raggiungere i punti più difficili della bocca;

c'è chi cerca di innovare la tipologia sfruttando brevetti di nuove tecniche di lavorazione;

o ancora, c'è chi punta sull'aumento di funzioni, l'inserimento di componenti elettroniche e la motorizzazione di specifiche parti, come ad esempio gli spazzolini elettrici e le "features" evolute rese possibili dalla connettività wifi e

bluetooth e dallo sviluppo di app dedicate.

Il 2022 è stato un anno di profonda crisi climatica, ampiamente preannunciata, con una risonanza mediatica tale da smuovere le masse ed uscire dal dibattito scientifico dei soli scienziati. Anche la politica, non particolarmente brillante e capace nel percepire e interpretare i cambiamenti dell'opinione comune, ha iniziato, seppur goffamente e in ritardo, a introdurre il tema ambientale nei programmi elettorali.

Questo è l'indice di un periodo storico senza precedenti in cui non si può più pensare di produrre ininterrottamente senza preoccuparsi dell'impatto che questo genera sulla sfera sociale e ambientale. L'epoca del boom economico, delle pubblicità assilanti e della crescita smisurata e spensierata, oggi più che mai, deve lasciare posto a un nuovo corso di profonda consapevolezza, che ci vede tutti impegnati nella costruzione di una nuova società, consci del ruolo che ogni nostra azione ha sugli altri e sull'ambiente che viviamo.

Anche l'industria ha mostrato enorme interesse nei riguardi della sostenibilità ambientale. Questo si è tradotto e si sta traducendo, nella maggior parte dei casi, in goffi tentavi di lucrare sopra questo immaginario. Attraverso formule comunicative spregiudicate, parole come "naturale", "verde", "sostenibile", "ambiente" o "biodegradabile" assumono connotati sfumati e labili nascondendo, non di rado, il tentativo di portare avanti l'ennesima campagna di "green washing". Questo tipo di operazioni non sono solamente un danno ai clienti, che vengono di fatto truffati attraverso l'acquisto di un bene che millanta ciò che non è, ma danneggia anche chi tra i produttori cerca di portare avanti una politica di serietà e trasparenza. Anche il settore degli spazzolini da denti, così come gli altri, risente ed è investito da questa tendenza. Un esempio sono gli spazzolini in bamboo, che senza entrare nel merito delle performance ambientali del materiale, nascondono una grande criticità figlia di una scorretta comunicazione. Tutti gli spazzolini in commercio di questa tipologia sono

dotati di setole in nylon e ancoraggi meccanici con punti metallici. Nessuno dei produttori esplicita che per ottenere un corretto smaltimento del prodotto le setole vanno separate dal manico; mentre non perdono tempo ad elogiare la "sostenibilità" con caratteri verdi e in bold. Con il progetto Ri-Brush si vuole dimostrare, ancora una volta, come la sostenibilità non sia strettamente correlata a un materiale naturale e che ideare e progettare uno spazzolino da denti più sostenibile e circolare è possibile, ricorrendo alle migliori tecnologie disponibili in campo produttivo ponendo un'attenzione specifica alle strategie dell'Eco-design e promuovendo un buon Design volto alla riduzione dell'uso delle risorse e dei materiali.

2. Evoluzione dello spazzolino da denti



Durante il corso della storia si sono susseguiti metodi per curare l'igiene orale personale. Ognuno di questi metodi, validi o meno che siano, sono testimonianze storiche di usi e costumi di altre civiltà che sono arrivate fino ai giorni nostri andando a definirne un pezzo della nostra storia e della nostra cultura.

Il Siwak

Il primo spazzolino da denti di cui abbiamo testimonianze è il Miswak o Siwak, a seconda della cultura di provenienza. Il nome è una parola araba che sta a significare “Bastone per la pulizia dei denti”. Questo strumento è ricavato principalmente da una radice appartenente all’albero “Salvadora Persica”(almeno altre 182 specie di alberi sono adatte per la creazione di questo strumento).

Questo bastoncino viene utilizzato da più di 3000 anni, ne abbiamo testimonianze in Babilonia (3500 a.c.), in una tomba egizia (3000 a.c.) e in Cina (1600 a.c.)^{[1][2]}. Abbiamo testimonianze scritte greche e romane che parlavano di questo oggetto. È diventato anche un oggetto legata alla religione islamica, dopo che, secondo la tradizione, Maometto come ultima volontà si lavò i denti con un miswak elogiandone i benefici. Attualmente il miswak è utilizzato specialmente in Africa, Asia, Sud America, Arabia Saudita e altri paesi islamici.

Per L’OMS (organizzazione mondiale della sanità) i miswak possono svolgere un ruolo nella promozione dell’igiene orale, ed è giustificata un’ulteriore valutazione della loro efficacia.^[3]

Molti studi sono stati fatti al riguardo che hanno messo in luce alcuni lati positivi del bastoncino quali: effetti antimicrobici, anticariogeni, riduzione della placca dentale e sulla salute gengivale.

Altri studi hanno evidenziato anche un possibile problema legato all’uso del miswak; l’aumento della recessione gengivale: su un campione di 1000 persone della provincia del Baluchestan il 90% aveva presentato questo problema oltre all’erosione dello smalto.^{[1][3][4]}

A fronte degli studi evidenziati però, è innegabile che questo strumento sia interessante e può apportare un reale beneficio all’igiene orale, citando un articolo su Science Direct di Hassan Suliman:

“The use of *S. persica* miswak alone or in combination with conventional toothbrushes, when performed judiciously, will result in superior oral health and hygiene. Thus, *S. persica* miswak may be recommended for regular use, given its favorable effects on oral health, low cost, ready availability, and simplicity of use.”^[3]



*in alto a sinistra: un esempio di siwak.
in basso a sinistra: un esempio di spazzolino cinese del XV secolo.*

In Europa

Nel vecchio continente, precisamente durante il periodo Greco e successivamente in quello Romano, l'igiene orale era molto sentita. Gli strumenti per consentirla consistevano in panni o stracci, imbevuti di oli e zolfo o altre soluzioni saline, arrotolati a dei bastoncini. Questo strumento veniva poi strofinato direttamente sui denti.^[5]

In Cina

Secondo la letteratura, lo spazzolino, come lo conosciamo noi, è stato inventato nella Cina settentrionale nel XV circa e successivamente importato in Europa dai viaggiatori. Questo spazzolino consisteva in un manico di bambù a cui erano fissati, su di una estremità, dei peli di cinghiale. L'uso dello spazzolino da denti dai monaci fu documentato per iscritto nel 1223 da Dōgen Kigen, monaco buddista giapponese che viaggiò molto in Cina.

^{[6][7]}

Medioevo

Nel medioevo si ha un declino dell'igiene orale ma più in generale si ha un declino dell'igiene corporale. Non ci si preoccupa dell'igiene del proprio corpo, probabilmente uno dei motivi erano religiosi. I dogmi cristiani favorivano la considerazione del proprio corpo come qualcosa di impuro e peccaminoso. Ne segue che il corpo assunse una connotazione negativa (in contrasto con l'esaltazione del corpo e dell'umanità dell'epoca Greca) e di conseguenza diventarono dei tabù tutto ciò che era legato ad esso, pratiche sessuali ed igiene corporale compresa.

Infatti il mal di denti era molto comune soprattutto tra le classi nobili che potevano vantare frequenti pasti ricchi in frequenza e di varietà. Dietro i loro ventagli era frequente che le dame

nascondessero denti mancanti e aliti pesanti. I rimedi erano spesso riti magici e spesso sfociavano nella rimozione del dente in questione per la disperazione.^{[8][9]}

Un flebile bagliore lo abbiamo con la scuola medica salernitana estremamente moderna per l'epoca. In particolare molti rimedi validi erano descritti all'interno del *De Ornatu Melierum*, testo attribuito a Trotula, medica italiana del XI secolo. All'interno vi sono consigli riguardanti la cosmesi in generale e la cura della bocca. Trotula consigliava pratiche come lo sciacquarsi ogni sera la bocca con vino odoroso e di masticare frequentemente durante la giornata finocchio, levistico o prezzemolo per mantenere i denti bianchi, le gengive pulite e l'alito profumato. Trotula dà anche una cura contro la gengivite con una polvere a base di calce viva, zolfo, orpimento, polvere di zucca bruciata e pepe spalmata sulle gengive malate, dopo averle sciacquate con un decotto di aceto caldo e di tasso barbasso ad azione emolliente, rinfrescante e decongestionante. Il bello è che molti dei componenti vegetali e minerali che Trotula consiglia sono ancora oggi usati come ingredienti di dentifrici e colluttori.^[10]



Epoca Moderna

L'invenzione dello spazzolino moderno è generalmente accreditata ad un mercante di stracci inglese di nome William Addis, nell'anno 1780. Secondo la leggenda spesso citata, "Addis è stato coinvolto in una disputa che è sfuggito al controllo ed è stato gettato nella prigione di Newgate, accusato di aver iniziato una rivolta. Languendo in una cella di prigione buia e umida, Addis aveva tempo sulle mani e una bocca di cattivo sapore. La storia racconta che ha spiato una scopa in un angolo di una stanza, ed è stato colpito dall'ispirazione. Recuperando un osso dal pavimento della cella della prigione, in qualche modo ci ha fatto dei buchi e ha ottenuto setole da un carceriere simpatico. In queste circostanze difficili, è nata la sua invenzione."^{[5][7][11]} Dopo il suo rilascio, Addis ha iniziato a produrre e a vendere spazzolini in osso e crine a Londra. Secondo una fonte, nel 1840 l'azienda di Addis impiegava 60 lavoratori e produsse quattro modelli di spazzolini da denti: Gents, Ladies, Child's e Tom Thumb.^[7]

L'azienda, Wisdom Toothbrush/Addis Hou-

sewares, esiste ancora oggi. Il primo brevetto per uno spazzolino da denti fu depositato negli Stati Uniti nel 1857 da H.N. Wadsworth. In allegato alla sua domanda di brevetto:

"La natura della mia invenzione consiste nel separare i grappoli di setole più che nel pennello comune, in modo da dare loro più elasticità e consentire loro di entrare tra gli interstizi dei denti - avendo il pennello largo che potrebbe essere imperativo da parte del paziente spazzolare accuratamente le gengive; il pennello è in parte circolare dal tallone al puntare più facilmente per adattarsi al cerchio o i denti; verso il punto le setole sono più corte e destinate a proiettarsi il più possibile oltre la fine e con un angolo il più acuto possibile, mentre la parte posteriore dell'avorio osso o di altro materiale è sottile e arrotondato in modo da occupare il minor spazio possibile, e formando quasi un punto di sporgenza di setole, particolarmente destinato a forzare la sua e altamente lucido, mantiene anche le gengive sane e vigorose."^[7]

in basso a sinistra: pubblicità di Dupont per il Nylon. In basso a destra: poster di propaganda per l'utilizzo dello spazzolino da denti.

news about NYLON

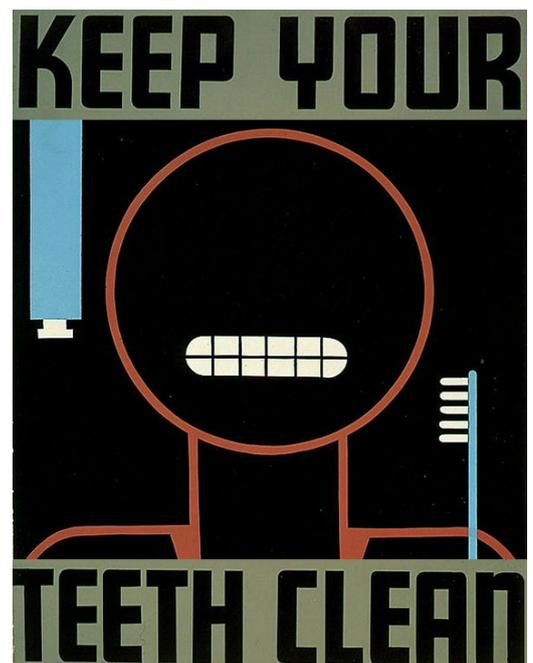
it all started with a stocking
... a shorter, longer, longer-lasting stocking than women had ever dreamed of!
Takes a man a minute to put on; takes a woman an hour to put on; takes a woman a day to take off; takes a woman a week to wash; takes a woman a month to dry; takes a woman a year to wear; takes a woman a lifetime to get rid of.
Your stockings are made of nylon, rayon, silk, or a combination of these fibers. Nylon is the strongest, most elastic, most durable, and most beautiful of all fibers.
Nylon stockings are made in many styles, colors, and finishes. They are made in many sizes and are available in many colors and finishes.

DU PONT
REG. U.S. PAT. OFF.
BETTER THINGS FOR BETTER LIVING
... THROUGH CHEMISTRY

TO MANUFACTURERS: Are there textile fibers in your product? Then you'll want to read "Nylon Textile Fibers in Industry." Write for this important book now.

NEW! FREE book for women, teachers, students.
"About Du Pont Nylon." Write to Nylon Division, E. I. du Pont de Nemours & Co. (Inc.), Wilmington 98, Del.

- ✓ STRENGTH
- ✓ LIGHTNESS
- ✓ ELASTICITY
- ✓ TOUGHNESS
- ✓ LONG WEAR
- ✓ EASY WASHING
- ✓ FAST DRYING
- ✓ FLAME RESISTANCE
- ✓ RESISTANCE TO MOths AND PERSPIRATION
- ✓ CAN BE "SET" TO HOLD SHAPE



Evoluzione dello spazzolino da denti

Epoca Post-moderna

Il 28 febbraio 1935 è stato inventato, dall'azienda chimica Dupont, il nylon. Nello specifico, il super polimero fu inventato da un team di ricerca guidato da un brillante chimico di nome Wallace Carothers. Non ci volse molto, precisamente nel 1938, che questa scoperta rivoluzionò anche l'industria degli spazzolini da denti. Il pelo di animale fu sostituito dal nylon che si dimostrò più performante. Il primo spazzolino in nylon fu il Doctor West's Miracle Toothbrush. Nonostante però questo spazzolino fosse più economico non ebbe molto successo in America. Si dovette aspettare il ritorno dei soldati americani dalla seconda guerra mondiale per portare nelle case degli americani questa abitudine.^{[7][12]}

Nel 1954 in Svizzera nasce il primo spazzolino da denti elettrico utilizzabile, per opera di Philippe-Guy Woog. Si chiamava Broxodent, fu creato e prodotto in svizzera e successivamente prodotto in Francia per la Broxo. Lo spazzolino funzionava con un cavo attaccato al muro, funzionava con il cosiddetto "live voltage" ed oggi sarebbe considerato molto pericoloso. L'idea

a destra: un poster pubblicitario dello spazzolino Broxodent.

iniziale era quella di uno spazzolino per utenti con capacità motorie limitate. In un'epoca di progressi tecnologici, però, lo spazzolino non ebbe difficoltà ad essere accolto dal grande pubblico normodotato.

Nel 1961 si ebbe il vero boom degli spazzolini elettrici con la soluzione della general motor: uno spazzolino elettrico cordless. Non dover dipendere da un cavo fu un "game-changer". Ovviamente anche questo modello non era esente da difetti. Lo spazzolino era ingombrante per via delle batterie e il non propriamente durevole; le batterie erano ricaricabili ma il loro ciclo di vita era molto corto, senza considerare che non si potevano sostituire una volta esaurite del tutto.^{[13][14]}

Epoca Contemporanea

Nel 1991 Oral-B produce il "D5", il primo spazzolino oscillante rotante con una testina circolare ispirata agli strumenti di pulizia dentale utilizzati in clinica.

Nel 2007 viene lanciato il "D15", il primo spaz-

Evoluzione dello spazzolino da denti

We'll give you a dollar to help keep your teeth.

Announcing the Broxodent® Automatic Toothbrush White Sale.

Here's your chance to do something for your teeth and your pocketbook. Buy any Broxodent automatic toothbrush during our White Sale and we'll give you back one dollar. Just send us the portion of the Broxodent carton containing the words "Squibb Products Company" before March 15, 1969 and the dollar is yours. That's all there is to it. But, more important than the dollar you get, is the Broxodent you get. Especially if you're over 18. (3 out of 4 grown-ups' tooth losses are caused by gum problems, not cavity problems.) And Broxodent is designed to help maintain healthy gums. It's scientifically engineered to help firm up and keep your gums healthy as you brush your teeth with 3600 up and down brushstrokes a minute.

Maybe that's why more dentists surveyed recommend Broxodent than all other automatic toothbrushes combined. So do your teeth and your pocketbook a favor. Buy a Broxodent during the White Sale. You can't lose.

BROXODENT FROM SQUIBB.
The automatic toothbrush that more dentists surveyed recommend than all others combined.

To: Broxodent Dollar Offer
P.O. Box 467
New York, N. Y. 10046

I'm attaching the portion of the Broxodent carton containing the words "Squibb Products Company" (see illustration below.)
Offer expires March 15, 1969

Name _____
Street _____
City _____
State _____ Zip Code _____

Offer void where prohibited by law or otherwise restricted. Limits, one refund per family. Not redeemable by retail store. Offer available only to consumers.

zolino elettrico con tecnologia oscillante, rotante e pulsante ad essere clinicamente provato. Nel 2014 è il momento del “Oral-B pro 5000” il primo spazzolino con connessione bluetooth. Aveva una connessione 4.0 e permetteva la comunicazione con un smartphone e la sua relativa app. Due anni dopo, “Oral-B genius” permetteva, attraverso un sensore di movimento e il riconoscimento video di una fotocamera dello smartphone permetteva di tracciare le aree spazzolate. Nel 2020 è stato introdotto “Oral-B io”. Questo nuovo spazzolino rappresenta un re-design interno ed esterno completo. È stato sviluppato con un azionamento magnetico lineare con conseguente rotazione oscillante con micro-vibrazioni ad energia controllata direttamente sulle punte delle setole.^[15]



da sinistra verso destra: Oral-B iO, Oral-B PRO 5000, Oral-B D5.



3500 A.V

SIWAK O MISWAK
salvadora persica
Egitto e Babilonia



15° secolo

SPAZZOLINO IN BAMBOO
pelo di cinghiale su bamboo
Cina



1780

SPAZZOLINO ADDIS
Criniera di cavallo su osso
Inghilterra



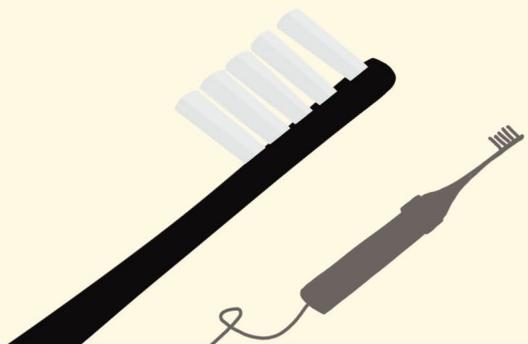
1938

DR. WEST'S MIRACLE TOOTHBRUSH
setole in Nylon
USA



1954

LO SPAZZOLINO ELETTRICO BROXODENT
da muro
Svizzera



1960

SPAZZOLINO AUTOMATICO
stazione di ricarica
USA



2007

SPAZZOLINO OSCILLANTE
testina oscillante
USA

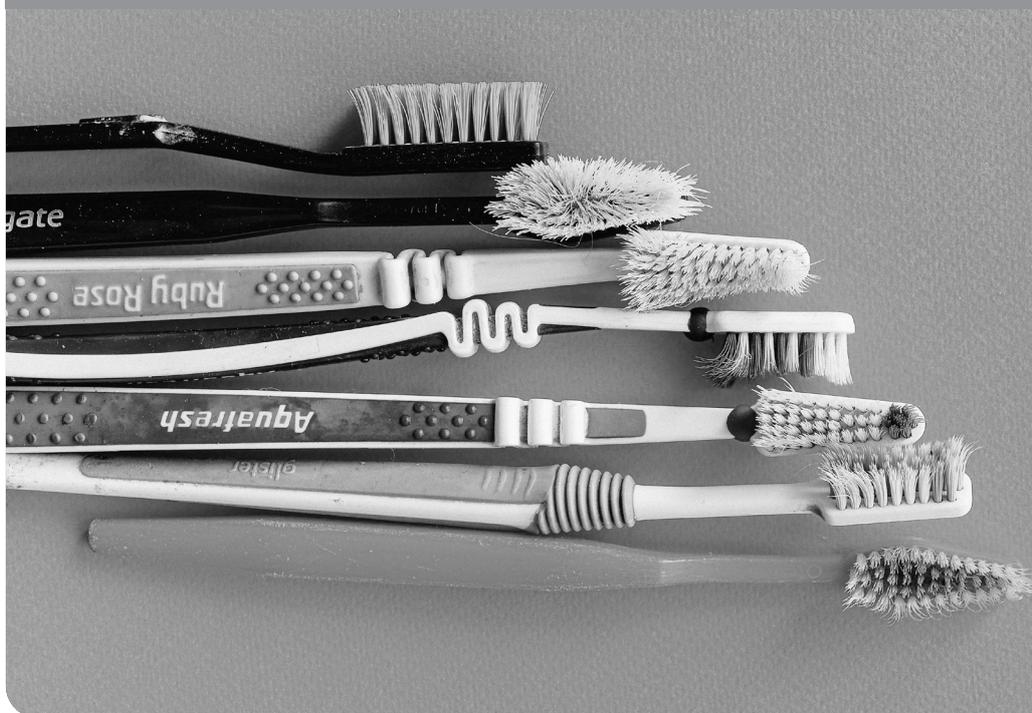


2014

SPAZZOLINO SMART
connessione bluetooth
Francia



3. Lo spazzolino da denti oggi



All'interno di questo capitolo verranno mostrati le parti che compongono uno spazzolino, le variazioni di forma che essi possono avere in alcune loro parti o nel loro insieme e da cosa esse dipendono. Successivamente si mostreranno le differenti categorie merceologiche presenti sul mercato, qual è il target di utenza a cui si rivolgono e quali sono le peculiarità di ogni tipo di categoria. Infine si andrà a descrivere nel dettaglio qual è lo stato dell'arte delle setole utilizzate nelle testine degli spazzolini attualmente e se ci sono prospettive future di nuovi materiali.

3.1 caratteristiche generali

Allo stato attuale il mercato degli spazzolini da denti può essere diviso in due grandi macro aree: la prima fa riferimento agli spazzolini elettrici con tutte le loro variabili e peculiarità; la seconda è occupata dallo spazzolino classico manuale con tutte le sue variazioni tipologiche e formali.

Spazzolini elettrici

Possono variare per forma e la velocità di movimento. Tutti sono costituiti da un “body” spesso di grandi dimensioni per ospitare il motore e le batterie, inoltre, hanno tutti la possibilità di cambiare le testine all’occorrenza. Il manico oltre ad essere più grande non presenta mai forme differenti o più ergonomiche.

Lo spazzolino elettrico può essere suddiviso per:

Conformazione della testina: abbiamo sostanzialmente una forma ellittica e una rotondeggiante. Queste forme hanno poi a supporto una diversa suddivisione delle setole, che in ogni caso vengono raggruppate in più o meno fasci. La forma rotondeggiante è sicuramente quella più diffusa poiché permette più facilmente l’integrazione del movimento rotante.

Tipo di movimento: può essere **oscillante** (quindi la testina produce un movimento oscillatorio, spesso è in aggiunta al movimento rotante e quindi andremo a parlare di movimento roto-oscillante), **pulsante** (viene definito così quando la testina produce delle pulsazioni durante il suo movimento) e **rotante** (è il tipo di movimento più classico ed è anche il motivo per cui molte testine degli spazzolini elettrici hanno una conformazione rotondeggiante). Un modello può anche avere tutte e tre le caratteristiche.

Per la velocità di movimento si possono distinguere gli spazzolini:

Sonici: lavora con una frequenza tra i 200-400 Hz pari a 12000-24000 oscillazioni al minuto. Uno spazzolino sonico vibra all’incirca dieci volte più velocemente di un normale spazzolino elettrico.

Sulla destra un esempio di testina ellittica e rotondeggiante prodotte dalla Oral-B.

Lo spazzolino da denti oggi

Ultrasonico: sfrutta le vibrazioni delle onde sonore con una frequenza superiore ai 20000 Hz non udibili dall’orecchio umano. La FDA (The Food and Drug Association) consiglia spazzolini a ultrasuoni che hanno una frequenza non superiore ai 1,6 MHz. Questo perché in alcuni casi sono stati riportati maggiori sensibilità allo smalto e alle gengive dopo l’uso. Quindi, se la velocità che raggiunge uno spazzolino ultrasonico permette di eliminare più efficacemente placca e tartaro, di contro può andare a logorare lo smalto e le gengive per l’eccessiva forza rilasciata in fase di spazzolamento.^{[13][16]}



Spazzolini manuali

Gli spazzolini manuali possono differire tra loro per quattro fattori:

Durezza della testina: possono essere setole morbide, medie e dure. Le morbide sono le più comuni, più si sale di durezza e più placca riescono a rimuovere. Questo però si traduce anche in più possibilità di irritazione gengivale e con uno spazzolamento troppo vigoroso, anche la possibilità di logoramento dello smalto.

Forma della testina: può essere rettangolare, ellittica o a forma di diamante (quest'ultima è considerata migliore poiché l'estremità più corta permette di raggiungere i denti posteriori più facilmente.)

Trama setole: la conformazione delle setole può variare di molto, ognuna ha pro e contro, la migliore va in base alle proprie esigenze. Possono essere:

- **Piatto:** conformazione più comune, le setole sono tutte uguali e della stessa lunghezza.
- **A castello:** le setole hanno altezza e dimensioni diverse, studiati in base alle abitudini di spazzolamento.
- **Ondulate:** poste su diverse altezze per adattarsi meglio alla conformazione della dentatura.
- **Scalare:** le setole diminuiscono progressivamente di altezza dal manico verso la punta.



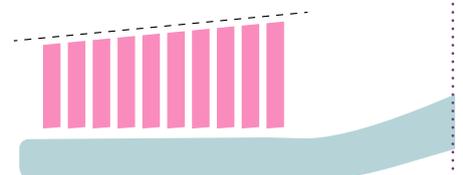
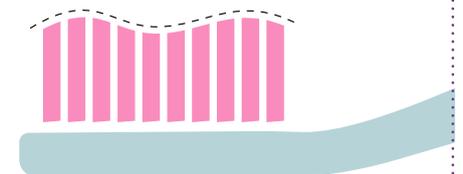
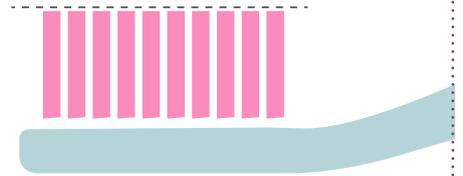
RETTANGOLO

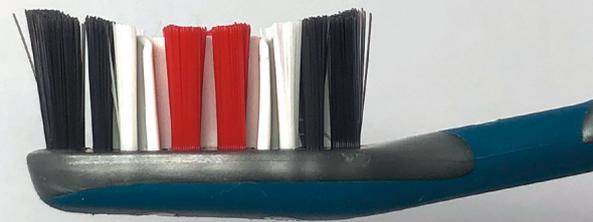
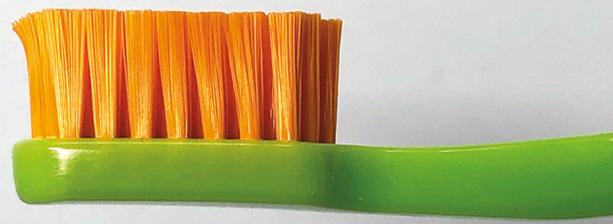


ELLISSE



DIAMANTE







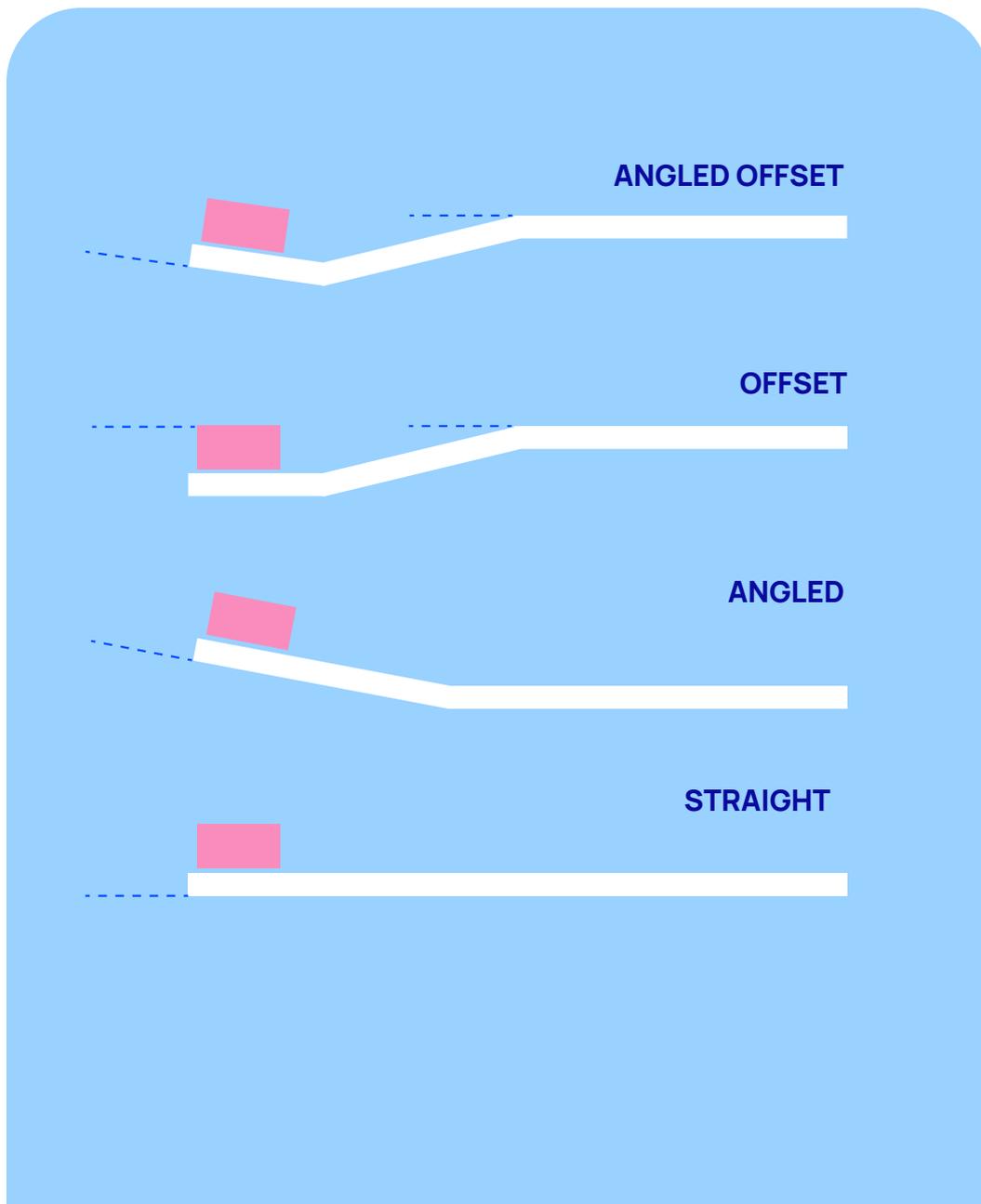
Manico: la forma del manico può essere:

- **straight:** (dritta) è stata per molto tempo la tipologia più comune di manico, per un periodo è stata abbandonata da molti produttori a favore di manici più elaborati. Attualmente alcuni dei produttori più esigenti in termini prestazionali hanno sul mercato spazzolini con questo andamento (es. Tau-Marin, TePe)
- **angled:** (angolata) l'angolo porta la testina a inclinarsi, dopo i manici straight, gli angled sono i più semplice e spesso i manici di questo tipi non presentano alcun grip. (es. Curaprox)
- **offset:** (fuori asse) la testina viene sostanzialmente portata più indietro portando la

fine delle setole sullo stesso piano della parte dritta del manico.

- **angled offset:** (angolata e fuori asse) è l'unione delle due tipologie già citate sopra, è uno dei manici più comuni in commercio e spesso presentano anche l'uso di grip. (es. Oral-B, SilverCare)

Inoltre il manico può avere delle parti costampate in silicone che vanno a formare il cosiddetto "grip". I manici con grip solitamente vengono accompagnati da forme più ergonomiche per permettere una presa più salda in fase di spazzolamento e affaticare di meno il polso. ^{[17][18][19]}



3.2 tipologie merceologiche

Possiamo distinguere quattro macro categorie:

- **Spazzolini domestici;**
- **Spazzolini da viaggio;**
- **Spazzolini per servizi;**
- **Speciali.**

Spazzolini domestici

Sono gli spazzolini più comuni in commercio, in questa categoria rientra quasi la totalità del mercato degli spazzolini elettrici. Si rivolgono a un'utenza di ogni età e possiamo definirli in questo modo per via del luogo in cui vengono usati e conservati, ovvero un ambiente domestico.

La durata di questi spazzolini è il massimo possibile ottenibile attualmente ed è strettamente legata all'usura delle setole, generalmente il pe-

riodo varia dai tre ai quattro mesi. A influenzarne la durata è anche il tipo di morbidezza delle setole e la forza esercitata durante lo spazzolamento. La maggioranza degli spazzolini presenti in questa categoria possono essere quindi considerati degli oggetti usa e getta di media durata, fatta eccezione per gli spazzolini elettrici e i manuali con le testine intercambiabili, che permettono il riutilizzo del manico.

Spazzolini da viaggio

Per quanto riguarda lo spazzolino da viaggio le necessità variano a seconda del tipo di vacanza che si vuole intraprendere. Possiamo distinguere alcuni scenari interessanti:

- **On the go;**
- **Into the wild.**

On the go: viaggi di breve durata con capacità di storage limitate come ad esempio: viaggi in moto, viaggi in treno, viaggi in aereo, viaggi in bici...

Questi sono caratterizzati da delle limitazioni, regolamentate o non, nella quantità di oggetti che si possono portare.

Questa tipologia di viaggi sono caratterizzati da brevi permanenze dove la parte più importante è ricoperta dal momento in cui si viaggia.

La “carrying capacity” è bassa e, nel caso dei viaggi in aereo, è definita da regole e imposte, sia sulla tipologia del materiale trasportato, che nella quantità.

Una delle regole più comuni riguarda il limite dei 100 ml, 100gr nel caso di creme, per i liquidi trasportati. La somma totale non deve superare 1 litro.

“i liquidi devono essere riposti in un sacchetto trasparente richiudibile (dimensione massima 18x20 cm”^[20]

Per quando riguarda i viaggi in moto/bici le uniche limitazioni, nel caso delle moto, sono dettate dalla sporgenza dei bauletti e della loro stabilità. È anche un fatto che più aumenta la quantità trasportata più si perde in termini di agilità, perciò si tende a non sovraccaricare il mezzo.

Attualmente le borse e i bauletti in commercio arrivano a circa 50 litri di capacità.

Per queste due tipologie di mobilità, date le limitazioni si tende a comprare in loco alcune necessità almeno che non vi sia una reale esigenza e la compattezza e la comodità ne giustifichi l’aggiunta nel “bagaglio”. È facile che ciò avvenga per i viaggi in moto dato che è uno stile di mobilità più libero che spesso si accoppia ad uno stile di viaggio anch’esso più libero. Che quindi può escludere destinazioni con vari comfort a favore di mete “più al contatto con la natura”.

Detto questo gli spazzolini rientranti in questa categoria sono spesso degli oggetti mono uso di bassissima durata, la loro fruizione si esaurisce in un paio di giorni se non in un giorno solo. Molti di questi hanno le testine pre-impregnate di dentifricio senza bisogno di risciacquo rappresentando un 2 in 1. Andando incontro alle esigenze del viaggiatore che non può disporre di un bagno.

Into the wild: Viaggi caratterizzati da una permanenza di breve o media durata immersi in un contesto naturale come ad esempio il campeggio. Questa categoria di viaggi prende più in considerazione il tipo di destinazione che è principalmente al contatto con la natura. Dentro questa categoria rientrano i campeggi.

La “carrying capacity” è solitamente bassa, e oscilla a seconda di come si vuole vivere l’esperienza del campeggio. Quindi avremo minori disponibilità di spazio per le permanenze in tenda a salire di capacità con le uscite in camper, in van o per le esperienze di Glamping.



Spazzolini per servizi

Contrapposto allo stile di vita del campeggio c'è quello prediletto da chi non vuole o non può, nel caso di trasferte lavorative, rinunciare ai comfort di tutti i giorni.

Questo è il mondo dei servizi di permanenza offerti dagli hotel. Compresi, tra i servizi, spesso figurano i cosiddetti "kit di cortesia" che altro non sono che dei set per la cura del corpo offerti dalla struttura. Tra i kit più comuni ci sono quelli comprendenti saponi e vari shampoo. Meno comuni ma molto graditi sono quelli comprendenti di lametta e schiuma da barba oppure i kit per l'igiene orale, composti da spazzolino e dentifricio.

Il concetto dietro questi kit è quello di rendere più piacevole la permanenza ma anche di andare ad ovviare a possibili dimenticanze da parte della clientela.

Molti viaggiatori abituali, soprattutto chi deve spostarsi frequentemente per lavoro, dipende da questi kit. Più frequenti sono gli spostamenti e più è facile dimenticarsi spazzolini o saponi vari. In alcuni casi, grazie alla disponibilità di questi kit e per la volontà di viaggiare più leggeri, si decide di evitare di portare questi accessori dimezzando lo stress della preparazione delle valigie.

Non c'è un obbligo nel tipo di kit di cortesia di cui l'hotel deve disporre.

Spazzolini speciali

All'interno di questa categoria verranno riportati tutti quegli spazzolini che non rientrano nelle altre categorie rappresentando dei casi isolati o andando a costituire delle categorie di nicchia. Tra questi possiamo identificare:

Spazzolini per carceri di massima sicurezza:

Questo spazzolini sono pensati per essere usati nei carceri di massima sicurezza. Non presentano il classico manico allungato e sono composti da un materiale flessibile, questo per evitare che possa essere utilizzato per costruire delle armi all'interno del carcere. In origine i detenuti riuscivano a costruire delle armi rompendo la testina dello spazzolino e affilando l'estremità del manico fino a farla diventare una punta, oppure inserendo alla fine del manico una lametta precedentemente occultata.

Spazzolino da bambino:

questa categoria contiene al suo interno delle sotto-categorie di spazzolini. Ognuna di queste categorie risponde all'esigenza di predisporre un prodotto che possa facilmente interagire con individui di età molto piccola con o senza l'aiuto di un utenza adulta. Possiamo individuare alcune categorie di spazzolini da bambini interessante che propone la forma dello spazzolino e la sua modalità di utilizzo in modi inediti per andare in contro alle



Da sinistra verso destra: Spazzolino on the go Colgate; set da viaggio Curaprox; Spazzolino per carceri; Spazzolino da dito; Spazzolino classico da bambino; Spazzolino 360°; Spazzolino per disabilità.

necessità di questa utenza.

- **Spazzolino da dito:** Questo spazzolino è pensato per adattarsi al dito del genitore di un bambino. Può avere più di un lato e spesso vengono divisi in questo modo: uno lato per il massaggio delle gengive, l'altro lato per lo spazzolamento dei denti è solitamente composto da piccole setole morbide. Il prodotto è interamente composto da silicone per alimenti. Questa tipologia di spazzolino viene anche prodotta per la cura dell'igiene orale di animali domestici.
- **Spazzolino a 360°:** questi spazzolini si collocano in questa nuova categoria di spazzolini da denti che hanno la peculiarità di avere una testina pensata per adattarsi a tutta la bocca come una sorta di "bite" per questo motivo vengono definiti a "360°". La parte della testina è solitamente in silicone e presenta delle setole in ogni parete. Questa tipologia di spazzolini viene anche prodotta per un'utenza adulta, infatti abbiamo esempi di questi spazzolini in versione elettrica oppure con setole in nylon. Seppur presenta una variazione di forma importante e, sulla carta sembra una soluzione vincente, la "rigidità" della testina non permette di effettuare dei movimenti più articolati e di spazzolare ogni dente con

più autonomia e libertà che uno spazzolino classico può offrire. Mentre per quanto riguarda questo prodotto pensato per la prima utenza descritta, risulta un ottimo modo per avvicinare il bambino allo spazzolamento autonomo dei propri denti. Eliminando così le difficoltà che un bambino potrebbe avere con uno spazzolino classico evitando il pericolo di lesionarsi la bocca in fase di spazzolamento.

- **Spazzolino classico da bambino:** questo tipo di spazzolino è una sorta di spazzolino classico riadattato per i bisogni dei bambini. Solitamente si presenta in due parti: il corpo, (compreso di testina ha solitamente forme molto rotondeggianti e raccordate) e un dischetto di sicurezza (pensato per evitare che lo spazzolino venga adoperato troppo in profondità) dello stesso materiale di cui è composto il corpo (silicone per alimenti). La testina ha setole a 360° per permettere di pulire meglio i denti anche senza possedere una tecnica eccelsa di spazzolamento.

Spazzolino per disabilità: Questo spazzolino è caratterizzato da una testina che copre 3 lati. Il target fondamentale è quello di persone con delle disabilità e che hanno più difficoltà con dei classici spazzolini manuali.

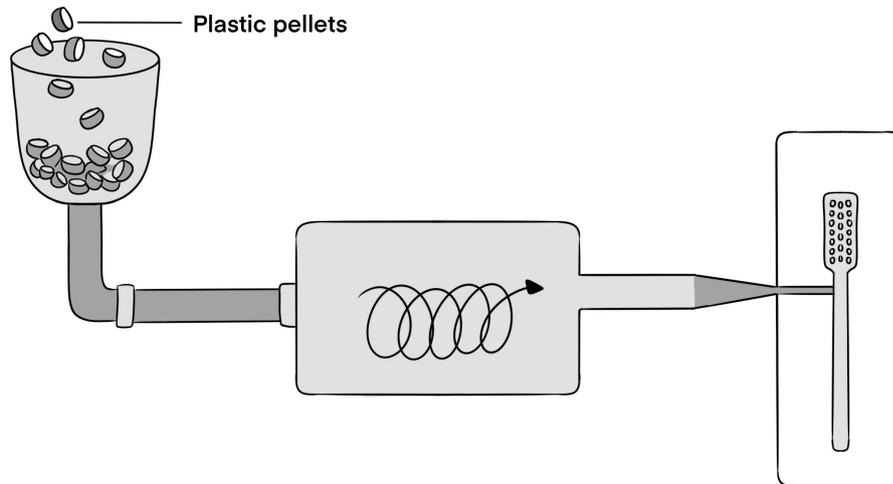
4. Materiali e tecnologie di produzione



Questo capitolo analizzerà le tecniche di produzione attualmente utilizzate per la produzione di spazzolini da denti.

In particolare verranno descritte le tecniche di stampaggio a iniezione, di co-stampaggio e di ancoraggio delle setole. Mettendo in luce i pregi e i difetti e nel caso delle tecniche per l'ancoraggio delle setole verranno mostrate le ultime novità in merito.

4.1 stampaggio a iniezione



Lo stampaggio a iniezione è un processo estremamente veloce con tempi di ciclo di soli 10 secondi. È un metodo eccellente per produzioni di pezzi da medi a grandi volumi, dove si parte da un minimo di circa 10.000 a un massimo di oltre i 100.000 pezzi. Una volta prodotto lo stampo che solitamente rappresenta il massimo dell'investimento, insieme ovviamente ai macchinari necessari per la lo stampaggio. Il costo di uno stampo può variare da un minimo di 6000 € per stampi in alluminio fino a oltre i 100.000 € per stampi di acciaio più complessi. Tra i vantaggi di questo processo va tenuto in conto l'alta precisione che si può ottenere, la ripetibilità, la velocità di produzione già citata sopra e la ridotta post-produzione.

Produzione dello stampo

Lo stampaggio a iniezione inizia con la progettazione dello stampo che poi sarà usato per il processo. Lo stampo può essere in alluminio o in acciaio. Lo stampo in alluminio e in acciaio condividono le stesse criticità in fase di progettazione, le differenze sostanziali sono:

la durata: uno stampo in alluminio sarà sempre più delicato per via del materiale usato più duttile rispetto a uno stampo in acciaio che possiamo quasi considerare “a vita”.

Il costo: la duttilità dell’alluminio lo rende anche più facile da lavorare, ne consegue una riduzione dei costi dello stampo differentemente avremo costi più elevati per la produzione di stampi in acciaio.

Questi due fattori fanno sì che dietro la scelta di un tipo di stampo c’è da tener conto del tipo di produzione che si vuole avere. Per l’industria calzaturiera che fa utilizzo di materiali morbidi come l’EVA, il TPR, il TPU o la gomma naturale, che deve anche sottostare ai tempi brevi della moda e che spesso ha bisogno di molti stampi diversi in base al numero della suola, la scelta ricade quasi sempre esclusivamente su stampi in alluminio, poichè permettono un investimento inferiore.

Per quanto riguarda invece la produzione di spazzolini da denti che non devono sottostare a variazioni di numeri, tempi di moda e lavorano sostanzialmente con materiali più duri come il PP, la scelta più ovvia è dello stampo in acciaio che nonostante l’investimento iniziale più esoso in termini monetari, si recupera facilmente con il passare degli anni con produzioni ad alti numeri come quello di questo prodotto.

La produzione dello stampo inizia con un modello 3d del prodotto. Questo modello viene prototipato e da quel prodotto viene ricavato uno stampo in gesso. Quello stampo in gesso viene scansionato grazie a degli scanner 3d, quel modello viene riportato al computer ed utilizzato come riferimento per la progettazione dello stampo su software CAD. In questa fase bisognerà tener conto di eventuali ritiri di mate-

riali, nel caso di produzione di stampi per EVA bisognerà ridurre le dimensioni dello stampo di una volta e mezza poichè questo materiale all’uscita dalla cava aumenta le sue dimensioni rapidamente di quel valore.

Si dovranno inoltre progettare i canali d’iniezione (dove il materiale passerà per arrivare alla cava dello stampo) e l’entrata del o dei getti d’iniezione. In ultimo si dovrà progettare anche il posizionamento di eventuali sfiati per l’aria se ce ne sarà bisogno (dipende dal tipo di materiale che si usa, per l’EVA sono rari o assenti) e la posizione del micro (pulsante solitamente posto nel punto finale della cava che serve a spegnere il processo d’iniezione una volta che il materiale lo tocca) se necessario.

Lo stampo va poi modellato in modo che ci sia una parte che funge da “maschio” e una che funge da “femmina” aggiungendo quattro colline. Queste “collinette” terranno in posizione lo stampo e per una maggiore sicurezza all’interno verranno poi inseriti dei perni.

Dopo questo momento se non c’è da progettare un movimento stampo, che richiederebbe più tempo per via di una maggiore complessità, il modello viene analizzato. Vengono fatte analisi di accessibilità, per vedere se tutti i punti sono facilmente raggiungibili dal macchinario che frenerà il pezzo di metallo, e in alcuni casi vengono anche fatte analisi di fluidodinamica che consistono nel simulare in che modo il materiale plastico si propaga all’interno dello stampo. Il materiale deve arrivare in modo uniforme all’interno dello stampo con una temperatura costante, per ottenere questo bisogna progettare bene i canali di iniezioni in modo che il materiale entri in cava allo stesso momento.

Se l’analisi non scopre delle criticità è il momento di passare il modello 3d dello stampo all’interno di un software CAM. Il software è quello che poi tradurrà il modello in comandi per dialogare con la macchina che si occuperà della fresa. Una volta che siamo a questo punto può essere lanciato il processo di fresatura che vede un macchinario che frenerà asportando materiale un blocco di acciaio o alluminio. Questo macchinario cambierà le punte in base alla

necessità. Durante la fresatura il macchinario spruzza una miscela di acqua e olio per evitare il surriscaldamento del pezzo.

Una volta finito il processo si otterranno le parti dello stampo che poi andranno testate dal vivo con un primo processo di stampa.

La Stampa

Questo processo inizia con il caricamento dello stampo all'interno del macchinario. Può essere caricato manualmente o meccanicamente dal macchinario per produzioni più automatizzate. Possiamo dividere questa fase in più momenti:

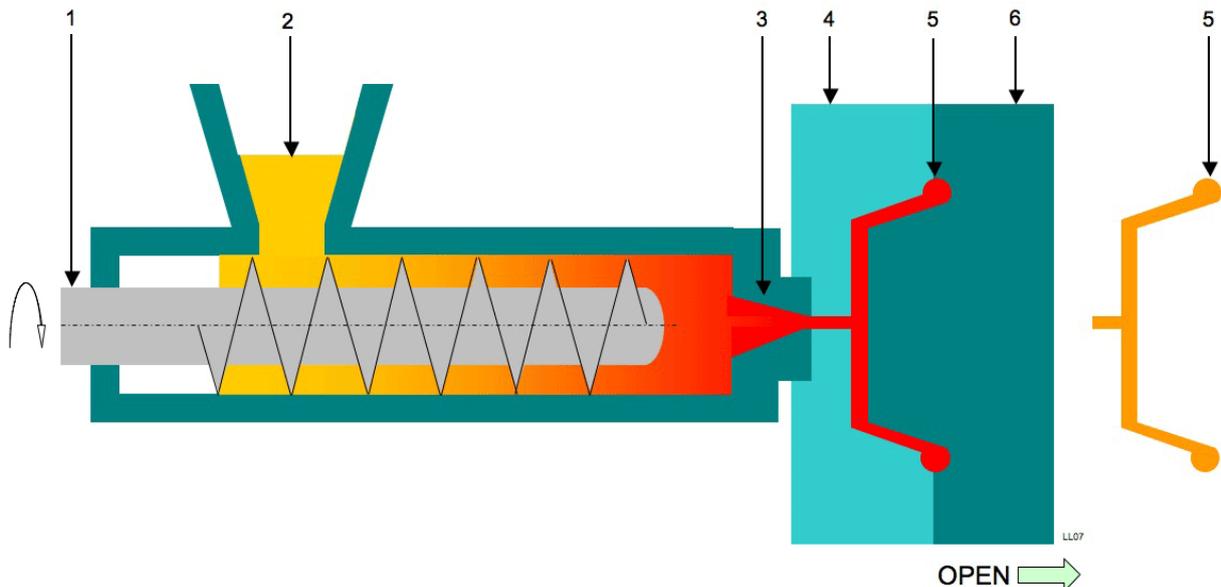
Fase di raccolta: il processo inizia con la raccolta del pellet da una sorta di aspiratore che poi lo destinerà al macchinario per lo strappaggio a iniezione. Nel caso di processi meno automatizzati questo viene fatto manualmente da un operatore.

Fase d'iniezione: il pellet viene fuso all'interno del macchinario e "inniettato" all'interno di uno stampo in acciaio. La fase di iniezione avvie-

ne attraverso una "vite senza fine" che ruota e ruotando spinge il materiale caldo verso l'ugello d'iniezione che è l'ultimo punto che il materiale attraversa prima di entrare all'interno dello stampo.

A questo punto il materiale entra all'interno dello stampo passando per i canali d'iniezione. Il materiale verrà iniettato rapidamente fino a circa il 98% del peso del pezzo. Il completamento al 100% del pezzo avviene con la seconda fase (solitamente è chiamata fase di "compattamento" o "mantenimento"), mantenendo il materiale in pressione fino al momento di solidifica. In questa fase si forma lo scheletro dello spazzolino e i buchi sulla testina attraverso dei punzori in movimento. Una volta terminato il tempo aggiuntivo di raffreddamento lo stampo può aprirsi. In alcuni stampi la fine del processo d'iniezione avviene meccanicamente attraverso l'utilizzo di un componente detto "micro". Questa parte è una sorta di pulsante che spegne il processo di stampaggio una volta che il materiale lo raggiunge e lo spinge.

schema stampo a iniezione: 1 (vite senza fine); 2 (tramoggia di carico); 3 (canale d'iniezione); 4 (stampo inferiore); 5 (componente stampato) 6 (stampo superiore).



Co-Stampaggio

Nel caso degli spazzolini da denti, e soprattutto in quello che hanno un grip. Esiste un'ulteriore fase di stampaggio detta Co-stampaggio. A questa fase ci si può accedere in modo automatizzato, quindi un movimento dello stampo o un braccio meccanico sposta lo stampo, oppure attraverso l'aiuto di un operatore che manualmente aggiunge il nuovo stampo.

In sostanza questa fase consiste nello stampaggio di un nuovo materiale sopra il pezzo precedentemente ottenuto. Il prodotto della precedente stampa viene caricato nel nuovo stampo e dopo la chiusura inizia la fase d'iniezione molto similmente alla fase precedente. Solitamente vengono usati colori diversi per il Co-Stampaggio poiché questa tecnica oltre ad offrire ulteriori performance funzionali al prodotto, permette un ulteriore grado di estetizzazione non possibile altrimenti con una sola stampa.

All'apertura dello stampo, si otterrà un pezzo con due colori dove il nuovo colore all'esterno sarà quello ottenuto dal secondo stampaggio.

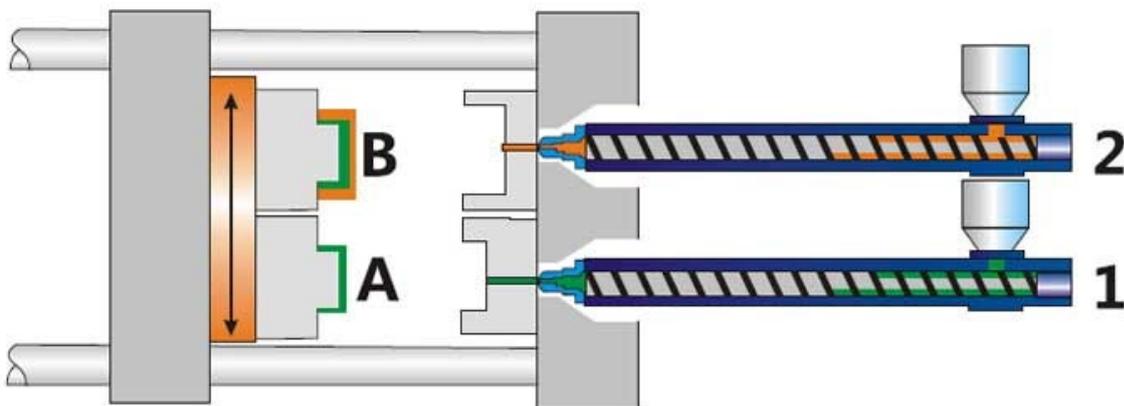
Estrazione

Una volta che stampa e il Co-stampaggio, quando presente, sono conclusi. Si può passare alla fase di estrazione del prodotto dal macchinario di stampa. Questa operazione può avvenire in maniera autonoma, grazie a bracci robotici che lavorano su piani cartesiani, o ad un processo altamente automatizzato, oppure manualmente avvalendosi dell'aiuto di un operatore.

Nel caso della produzione di spazzolini da denti è frequente, poiché si parla di produzioni di grandi numeri, che questa operazione sia svolta in automatico dai macchinari predisposti.

Alcuni stampi per spazzolini da denti, sfruttano i punzori in movimento che creano i buchi sulla testina come estrattori. Questo è molto conveniente in termini di razionalizzazione del processo d'automazione.

*schema co-stampaggio: A (pezzo principale);
B (pezzo co-stampato)*



Post-produzione e Pulizia

Uscito dallo stampo, il pezzo o i pezzi, quando sono più di uno, presentano delle imperfezioni o delle parti in eccedenza. In questa fase ci si occupa di rifinire il prodotto.

Anche questa fase come le precedenti varia in tempistiche a seconda della quantità di rifiniture necessarie e differentemente in base a se viene svolta manualmente da un operatore o è un processo automatizzato per via di bracci robotici. Verranno elencati di seguito alcuni delle più comuni imperfezioni:

Matarozza: è un'eccedenza molto comune e consiste nei canali d'iniezioni che vengono stampati insieme allo stampo. La forma è sostanzialmente quella di un reticolo e manualmente è rimossa attraverso l'ausilio di pinze. Se i canali d'iniezione sono stati progettati bene, la rimozione è semplificata dato che la parte che si attacca al prodotto dovrebbe consistere in un cilindro di un diametro sottile, solitamente può essere di 0,3 mm a seconda del tipo di prodotto.

Altri segni sul prodotto possono essere:

- **segno del micro:** si presenta come una sorta di rilievo circolare, nelle suole non ha bisogno di essere processato poiché è presente all'interno della suola e non è visibile dall'utente.
- **segni degli sfiati:** la loro forma dipende dal tipo di stampo usato ma generalmente appaiono come dei cerchi seghettati. Negli stampi per l'EVA gli sfiati sono rari poiché all'interno dello stampo viene spruzzato un distaccante, la presenza di molti sfiati andrebbe a complicare la corretta applicazione di questo prodotto con ripercussioni sull'uscita dallo stampo del pezzo.
- **segni di chiusura degli stampi:** si presenta come una sorta di linea e appare in prossimità della chiusura delle due parti

degli stampi. Solitamente lo stampo viene progettato in modo che questo segno sia camuffato seguendo la geometria del prodotto o di una texture del pezzo. In alcuni casi può essere necessario un'azione di levigamento per ridurre o rimuovere del tutto questo segno.

- **segno d'iniezione:** è il segno in corrispondenza della fine della matarozza e si presenta come un'eccedenza non è sempre possibile occultarlo poiché a volte per necessità produttive la scelta del posizionamento deve scendere a compromessi.



Dall'alto verso il basso, da sinistra verso destra: esempio di un segno di chiusura stampi su un manico di uno spazzolino da denti co-stampato; esempio di matarozza in EVA; in successione tre esempi di segni provenienti da una suola: segno di sfiato, segno di micro e segno d'iniezione; La suola da cui provengono i tre segni appena presentati.



4.2 materiali impiegati per la produzione per lo stampaggio a iniezione

Gli spazzolini da denti possono variare nei materiali usati per le setole e per i manici (che ricoprono il 95% del prodotto). A determinare la scelta del tipo di materiale usato per il manico è la tipologia merceologica a cui fanno riferimento; quindi, di conseguenza l'utente finale dello spazzolino, l'aspettativa di utilizzo quantificata in tempo e l'ambito di utilizzo del prodotto.

Possiamo distinguere alcuni dei materiali più usati nella produzione odierna di spazzolini:

- **PP;**
- **PE;**
- **Alluminio;**
- **Bamboo;**
- **Silicone;**

PP

Il polipropilene (PP) è un materiale poco costoso, leggero e caratterizzato da una resistenza meccanica non elevata. Ha proprietà simili all'HDPE, se non che il PP risulta essere più rigido. È uno dei materiali più usati nell'industria degli spazzolini da denti anche grazie alla facilità di stampaggio e al suo basso costo.^[21]

PE

Il polietilene (PE) è un materiale più costoso rispetto al PP ma può essere comunque ritenuto a basso costo. È estremamente resistente all'acqua e all'umidità e rispetto al PP gode di migliori proprietà meccaniche. Non vi è un particolare motivo per cui un produttore può preferire l'uso del PE al PP e viceversa se non per il costo differente; nell'ambito degli spazzolini da denti le differenti proprietà meccaniche giocano un ruolo non particolarmente alto dato che a questo strumento non vengono applicate forze importanti, anzi alcuni produttori vanno ricercando un certo grado di flessibilità che può giovare in fase di spazzolamento. Un altro fattore che può influire sull'uso di un materiale piuttosto che l'altro è l'eventualità di un co-stampaggio, e quindi, a seconda del secondo materiale usato può essere determinante la scelta dell'uno o dell'altro a seconda della compatibilità chimica che il secondo materiale ha con il PP o il PE.^{[22] [23]}

Alluminio

L'Alluminio è un metallo molto duttile ed estremamente abbondante sulla terra. La sua estrazione è onerosa dal punto di vista energetico ma viene compensata dall'alto grado di riciclabilità di cui gode questo materiale, al punto che viene spesso utilizzato nell'usa e getta (lattine).

Nell'industria degli spazzolini da denti è stato introdotto da poco. Viene principalmente utilizzato negli spazzolini con le testine intercambiabili a sostituzione del PP o del PE. I motivi dietro questa scelta risiedono probabilmente nel minor tasso di degradazione estetico a cui un manico in alluminio è legato; rendendo meno probabile il cambio da parte dell'utente a favore di un utilizzo più duraturo nel tempo.^[24]

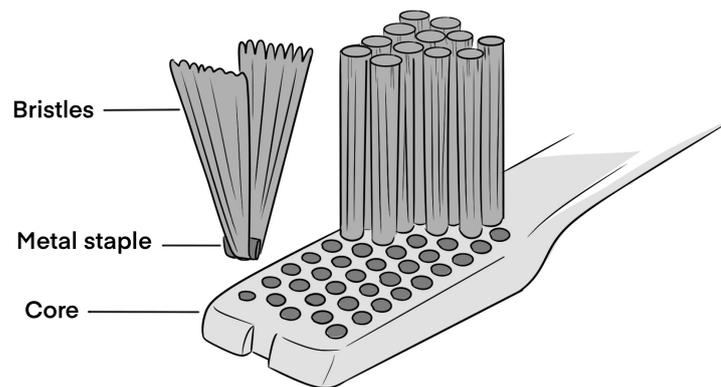
Bamboo

Il bamboo è il termine utilizzato per identificare un gruppo di piante della famiglia delle graminacee la cui origine è orientale. Sono caratterizzate da una rapida crescita che le rendono un materiale ad alto tasso di rinnovabilità. Le sue proprietà di resistenza all'acqua e antibatteriche lo hanno reso attualmente un possibile sostituto ai classici materiali plastici nell'industria degli spazzolini da denti. Attualmente sempre più grandi aziende come Oral-B e Colgate stanno iniziando a proporre tra le loro linee di spazzolini una variante con questo materiale.^[25]

Silicone

Il silicone è un materiale dall'alto costo e dalle elevate prestazioni. Non mostrano elevate caratteristiche di resistenza meccanica e hanno un'elevata stabilità chimica. Le proprietà interessanti sono quelle legate all'elasticità. Nell'industria degli spazzolini da denti viene impiegato per gli spazzolini da bambini, ottenendo così dei prodotti flessibili facilmente adattabili ai delicati denti di questa categoria d'utenza.^[26]

4.3 tecniche di ancoraggio delle setole



Di seguito al processo di stampaggio gli spazzolini già post-prodotti vengono portati in prossimità del macchinario che si occuperà di inserire nelle loro testine già preforate le setole (solitamente in Nylon). Questo processo è solitamente quasi del tutto automatizzato per mantenere uno standar d'igiene.

Nella produzione odierna di spazzolini da denti il metodo più comune usato di ancoraggio delle setole alla testina è ciò che viene chiamato Traditional Tufting (TT). Questo processo consiste nell'inserire le setole di nylon all'interno dei fori della testina e di bloccarle mediante l'uso di uno "staple" metallico.

Raccolta

Prima dell'arrivo dello spazzolino un macchinario si occupa di raggruppare in modo uniforme le setole in una sorta di corridoio. Questa fase in produzioni meno evolute può essere eseguita da un operatore che manualmente carica di volta in volta il filamento sfuso all'interno di questo corridoio.

Nelle produzioni più automatizzate e moderne un macchinario è predisposto con delle piastre a "picchiettare" l'ammasso di filamento sfuso per compattarlo e portarlo a livello. Queste setole di volta in volta confluiscono verso una sorta di corridoio più stretto che forma una sorta d'imbuto.

A questo punto gli spazzolini in modo sequenziale vengono posti di fronte la macchina che si occuperà di inserire le setole.

Ancoraggio

Il corridoio citato poco prima fa confluire le setole all'interno di questo macchinario che a mo di cucitrice porta le setole all'interno dei fori. Questo macchinario in alcuni dei processi più all'avanguardia riesce a riempire 900 fori al minuto, operando con grande precisione.

Ogni buco contiene dalle 22 alle 24 setole generalmente. Ci sono spazzolini, come nel caso di Curaprox che hanno complessivamente un numero maggiore di setole.

Le setole vengono inserite piegate formando fasci di più fili dove alla fine della piega uno "staple" metallico andrà a bloccare le setole all'interno del buco.

Lo spazzolino, che alloggiava in una struttura circolare, viene fatto cadere e raccolto a seguito della rotazione della struttura. In quel momento un altro spazzolino prende il posto del precedente senza interruzioni umane.

Lavorazioni successive

Le setole ormai salde all'interno della testina possono essere processate per eventuali ritocchi che possono variare a seconda della necessità. Come già spiegato, le setole possono avere diverse forme, se tutte fibre devono essere alla stessa altezza e non ci sono altre lavorazioni aggiuntive oltre al controllo qualità, lo spazzolino è pronto. Altrimenti può essere sottoposto ad alcune lavorazioni del tipo:

Sagoma delle setole: le testine con le setole montate vengono portate nei pressi di alcuni lame con una determinata geometria. Successivamente le setole vengono tagliate a sagoma facendole passare attraverso quelle lame che con un movimento lungo l'asse x taglia l'eccesso di fibra dando la forma desiderata.

Levigatura: le setole vengono fatte passare su dei dischi abrasivi che attraverso un moto oscillatorio strofinano e levigano i bordi delle setole per ottenere la finitura desiderata. Solitamente si usa per ottenere il cosiddetto "Tapered" che consiste in fasci di setole che finiscono con una geometria conica. ^[27]

Altre tecnologie

Oltre alla già citata TT (traditional tufting) si stanno sviluppando nuove tecnologie di ancoraggio delle setole con lo scopo di rimuovere l'utilizzo degli staple metallici che rappresentano la criticità più grande del TT. Infatti con il tempo il dentifricio si insinua all'interno dei fori andando a intaccare la piastrina metallica,

ciò è una criticità a livello igienico poiché può alimentare la proliferazione di batteri e il deterioramento del metallo. Attualmente sono due le nuove tecnologie:

AFT (Anchor-Free Tufting): È una tecnologia che esiste da più di 15 anni. Questo processo consiste nel fissaggio delle setole su una piastra senza l'ausilio di "staple" metallici. Utilizzando questa tecnica si ha la divisione dello spazzolino in due parti: la prima che comprende quasi la totalità dello spazzolino presenta in prossimità della testina un foro unico; La seconda parte è una sorta di piastra con i fori da cui passano attraverso le setole. Questa parte si ancora al foro della prima parte tenendo fermo la piastrina con le setole. Le setole infatti vengono precedentemente incollate ad una piastrina morbida.

La seconda parte citata può essere ancorata alla rima mediante incastrati irreversibili o mediante lo stampaggio a iniezione.

"this process allows for the manufacture of bristle tips with end-rounding quality and different filament lengths. Once the pattern of the brush has been selected, the bristles are pushed into the product in a single step, by means of a set of pre-shaped pins." [28]

Da teamtech

PT (Pressure Tufting): È una recente tecnologia sviluppata da Boucherie, un'azienda Belga specializzata nella progettazione di stampi ad elevata complessità. Questo speciale processo permette di ancorare le setole allo spazzolino senza l'ausilio di staple metallici o piastre. Possiamo definirla come l'evoluzione dell' AFT e in effetti lo è.

Le fasi di questo processo consistono nel fondere attraverso i raggi x la fine del gruppo di filamenti, portarlo dentro il foro in sede e pressarlo. La parte scaldata si bloccherà all'interno del foro per l'espansione dovuta dalla pressione esercitata. [29] [30]

"an anchorless technology that uses pre-cut filament "pucks" that are pre-rounded and inserted

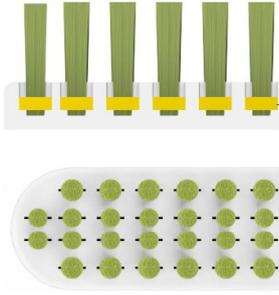
and fused together before being placed into the holes of the brush head, where heat and pressure (PT) are applied. When the brush head cools the brush is finished." [27]

Da teamtech

"Because there are no head plates and no anchors, the PTt technology allows a very narrow space between the tufts and the edge of the head. TPE ("rubber") cleaning elements between the tufts, on the outside or on the back of the head (tongue cleaner), are possible." [31]

Da Brushexpert

Traditional

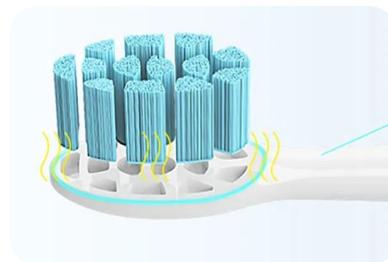
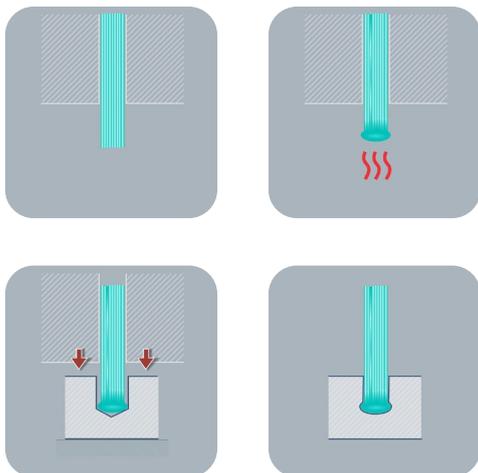


ATF



*Dall'alto verso il basso rispettivamente:
Grafica esplicativa del metodo di ancoraggio
tradizionale; Grafica esplicativa del metodo
AFT; Grafica esplicativa con funzionamento
del metodo PT*

PT



4.4 fibre impiegate per le setole

Il mondo delle setole degli spazzolini sostanzialmente non è mondo vasto, è un settore dominato principalmente dal Nylon che attualmente si presenta come l'unica valida alternativa considerando performance di durata e di costi. Ci sono però anche delle alternative più o meno valide che ricoprono piccole sezioni di mercato. Cercherò di elencare la totalità delle setole presenti attualmente nel mercato descrivendone i benefici dove ce ne sono. Possiamo asserire che il mercato è popolato da queste tipologie di setole:

- **Nylon;**
- **Pelo di cinghiale;**
- **PBT;**
- **PLA.**

Nylon

Le setole in Nylon fecero il suo ingresso nel mondo degli spazzolini da denti nel 1938, andando a sostituire il pelo di cinghiale.^[32]

Il vantaggio del Nylon come setola, sta nel minor tasso di proliferazione batterica rispetto al suo predecessore. Attualmente, in questo campo, vengono utilizzati 3 diversi tipi di nylon:

Nylon 6: è il classico e più comunemente usato per le setole degli spazzolini.^[33]

Nylon 4: non è chiaro se qualche produttore lo utilizzi, si trovano informazioni discordanti. Sulla carta dovrebbe essere biodegradabile e compostabile ma sono ancora richiesti altri studi.^{[34][35]}

Nylon 11: È un poliammide prodotto da una biomassa, l'olio di ricino per la precisione. Ha valori inferiori di densità, modulo di flessione, assorbimento d'acqua e temperatura di transizione vetrosa rispetto al Nylon 6.^[36]

Pelo di cinghiale

Sicuramente una delle prime setole utilizzate per gli spazzolini. Da fonti storiche, l'utilizzo di queste setole ci fu nel XV secolo per i primi spazzolini Cinesi.^{[37][32]}

Attualmente non è molto presente sul mercato degli spazzolini da denti, se non per qualche rara eccezione. Vengono ampiamente utilizzate nel mercato delle spazzole per capelli e nel campo artistico per la creazione di pennelli.

Il suo uso nel campo degli spazzolini da denti fu abbandonato a favore del nylon, più performante nell'evitare la proliferazione di batteri. Attualmente, un altro lato negativo del pelo di cinghiale è la sua durezza^[33] dato che sempre più studi favoriscono l'uso di setole morbide^[34] per evitare la corrosione dello smalto dentale e

possibili lesioni al tessuto gengivale con conseguenti recessioni del medesimo.

PBT (poliestere)

PBT sta per Polibutilene Tereftalato ed è un materiale termoplastico semicristallino della famiglia dei poliesteri.^[38]

La domanda per questo tipo di setola aumentò dalla sua introduzione, in Asia (1999). Il Giappone, nel 2009, registrò il 68% delle vendite a favore di spazzolini manuali con setole in PBT.^[39]

In comparazione al Nylon, il PBT usato nelle setole degli spazzolini risulta essere più economico e più performante nel minor assorbimento di acqua.^[40] Mentre invece il Nylon risulta vincitore nell'elasticità della setola (che si traduce in setole potenzialmente più morbide) e nella durabilità. Recenti studi penalizzano il PBT vedendolo perdere le proprie proprietà dopo 2 mesi di uso.^[41]

PLA

Il PLA è la sigla che sta per acido polilattico ed è una bioplastica creata partendo dalla trasformazione degli zuccheri presenti nell'amido di mais, dalle barbabietole o dalle canne da zucchero.

Non è frequente il suo utilizzo come setola. Attualmente ho trovato il caso Brush Naked che utilizza, per i suoi spazzolini in bamboo, delle setole in PLA. Di corredo, è stato trovato un blog^[42] che raccontava l'esperienza dell'autrice con lo spazzolino in questione. All'interno dell'articolo, l'autrice raccontava di come le setole dello spazzolino dopo un solo utilizzo iniziavano a sfilacciarsi. Con il tempo, e neanche troppi utilizzi, le setole tendevano a sfilacciarsi e a diventare più dure e fastidiose, fino ad arrivare al punto di dover cambiare lo spazzolino.

Anche l'azienda dichiara che il loro spazzolino non dura quanto un convenzionale spazzolino manuale, e, a quanto pare, puoi usarlo per circa un paio di settimane (a seconda della propria routine d'igiene dentale).^[43]

Alcune fibre naturali

Le fibre naturali che elencherò non vengono usate nel mondo degli spazzolini da denti per le loro proprietà meccaniche non adatte a quel tipo di utilizzo^[44]. Ma rimane interessante mostrarle:

Sisal: una fibra naturale ricavata dall'agave sisalana, originaria del Messico. Risulta essere molto resistente ed è, per questo motivo, impiegata nella produzione di corde e cesti^[45]. Il suo impiego come setola avviene come spazzole per il corpo.

Juta: fibra ricavata da piante del genere *Corchorus* appartenenti alla famiglia delle Malvaceae^[46]. Queste fibre sono tenaci e ruvide ma anche troppo morbide per essere utilizzate come setole. Per questo motivo il loro impiego è principalmente nel campo tessile.^[44]

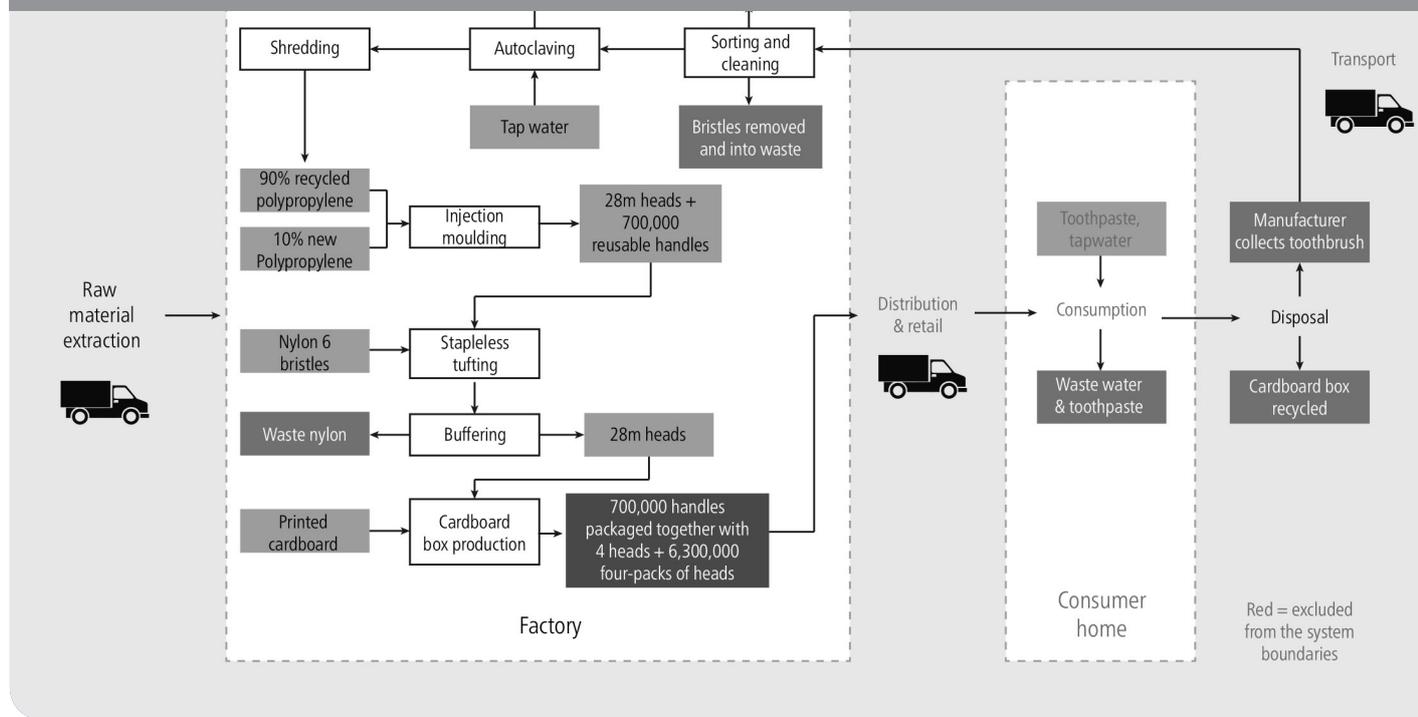
Bamboo: per quanto riguarda il bamboo e il suo utilizzo come setole, non c'è molto in rete. Se non per uno spazzolino che dichiara di avere setole di un mix di Bamboo(90%) e il Nylon 4(10%) (foto nella pagina accanto). (È anche presente un concept che utilizza setole in bamboo nel sito di Designboom)



Dall'alto verso il basso da sinistra verso destra: LifeUNpacked con setole in PA6; LifeWithoutPlastic con setole in pelo di cinghiale; Juni setole in PBT; Brush Naked con setole in PLA; Spazzolino setole in bamboo al 90%.



5. LCA di spazzolini da denti



Allo stato attuale, in rete sono disponibili principalmente due LCA autorevoli con scopo la valutazione dell'impatto del ciclo di vita degli spazzolini da denti. Queste due LCA sono state finanziate dall' Eastman Dental Institute (University College London) con la partnership di Dental University Hospital (Trinity College Dublin, Ireland). Verranno allegate nella loro interezza alla fine di questo dossier.

5.1 Combining evidence based healthcare with environmental sustainability: using the toothbrush as a model.

[ResearchGate](#)

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/34425318>

Combining evidence-based healthcare with environmental sustainability: using the toothbrush as a model

Article in *British dental journal official journal of the British Dental Association: BDJ online* · September 2020
DOI: 10.1038/s41415-020-1981-0

CITATIONS 15	READS 6,442
-----------------	----------------

6 authors, including:

 Sophie Saget Trinity College Dublin 18 PUBLICATIONS 173 CITATIONS SEE PROFILE	 Marcela Porto Costa Bangor University 12 PUBLICATIONS 203 CITATIONS SEE PROFILE
 Ben Underwood 12 PUBLICATIONS 235 CITATIONS SEE PROFILE	 Brett Duane Trinity College Dublin 98 PUBLICATIONS 745 CITATIONS SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:

-  **Project** Critical review [View project](#)
-  **Project** Sustainability in Dentistry [View project](#)

Lyne, Alexandra & Ashley, Paul & Saget, Sophie & Costa, Marcela & Underwood, Ben & Duane, Brett. (2020). Combining evidence-based healthcare with environmental sustainability: using the toothbrush as a model. British dental journal. 229. 10.1038/s41415-020-1981-0.

Di seguito citerò un sunto tradotto dello studio prodotto dal gruppo di ricerca. La ricerca completa è disponibile sul sito “Research Gate” cercando il titolo del paper.

Titolo

Combining evidence based healthcare with environmental sustainability: using the toothbrush as a model.

Materiali e metodi

Il life cycle assessment di quattro tipi differenti di spazzolini da denti è stata intrapresa dall’Eastman Dental Hospital, London, in collaborazione con il Dublin Dental University Hospital (Trinity College Dublin, Ireland).

Il software usato è OpenLCA v1.8 con il database Ecoinvent v3.5. La metodologia LCA è in linea con gli standard ISO e le PEF guidelines.

I quattro tipi di spazzolini sono:

1. Manuale in plastica
2. Manuale in Bamboo
3. Manuale in plastica con testina intercambiabile.
4. Elettrico

L’LCA è stata condotta dalla culla alla tomba (ovvero dalla produzione fino alla loro dismissione). L’unità funzionale è definita come l’uso individuale di uno spazzolino fino a cinque anni

(comune ciclo di vita di una batteria di uno spazzolino elettrico).

I dati ambientali del bamboo grezzo non erano reperibili. Gli Input dalle coltivazioni di bamboo in Cina sono state stimate da GreenDelta (GmbH, 2019). Tutte le assunzioni dello studio sono state elencate nella Table 1.

Risultati

I risultati LCI sono mostrati nella Figura 2.

Lo spazzolino elettrico ha l’impatto maggiore in tutte le categorie fatta eccezione per la “Water scarcity”.

Lo spazzolino in plastica con la testina intercambiabile e lo spazzolino in bamboo hanno il minore impatto in, rispettivamente, 11 e 5 delle categorie d’impatto.

La Figura 3 dimostra come ogni stage contribuisce con la valutazione dell’impatto.

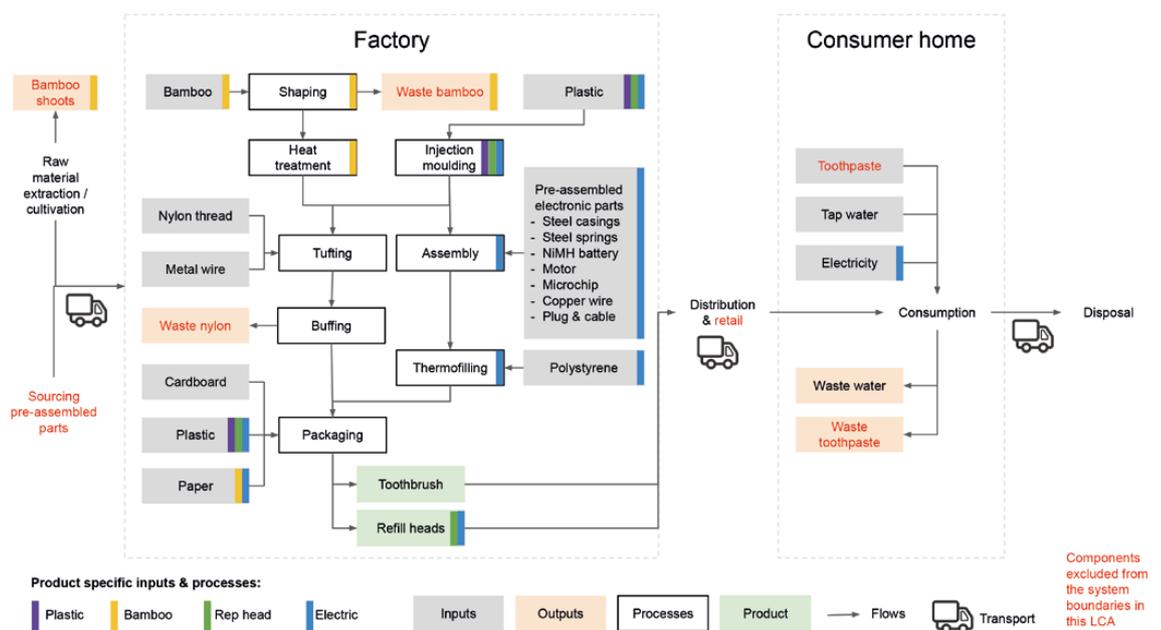
Nel caso dello spazzolino in bamboo, il contributo maggiore lo abbiamo nell’uso (l’acqua corrente usata durante lo spazzolamento).

Il materiale ha contribuito per la maggiore nello spazzolino manuale in plastica e in quello con le testine intercambiabili.

Il PP, usato per i manici, è stato il contributo maggiore in questa tipologia di spazzolini. (37% e 33%, rispettivamente).

Lo spazzolino elettrico era il prodotto più pesante 1.42Kg - Il contributo maggiore all’impatto totale lo ha avuto il trasporto (47%), seguito dal materiale (46%). Tutti gli altri aspetti nel caso dello spazzolino elettrico hanno avuto meno ri-

Fig 1. Lca Boundaries



levanza nell'aumentarne l'impatto totale. Inclusa la ricarica elettrica e il disposal.
 La fase di disposal di tutti i prodotti ha avuto il minor contributo nell'aumento dell'impatto generale.

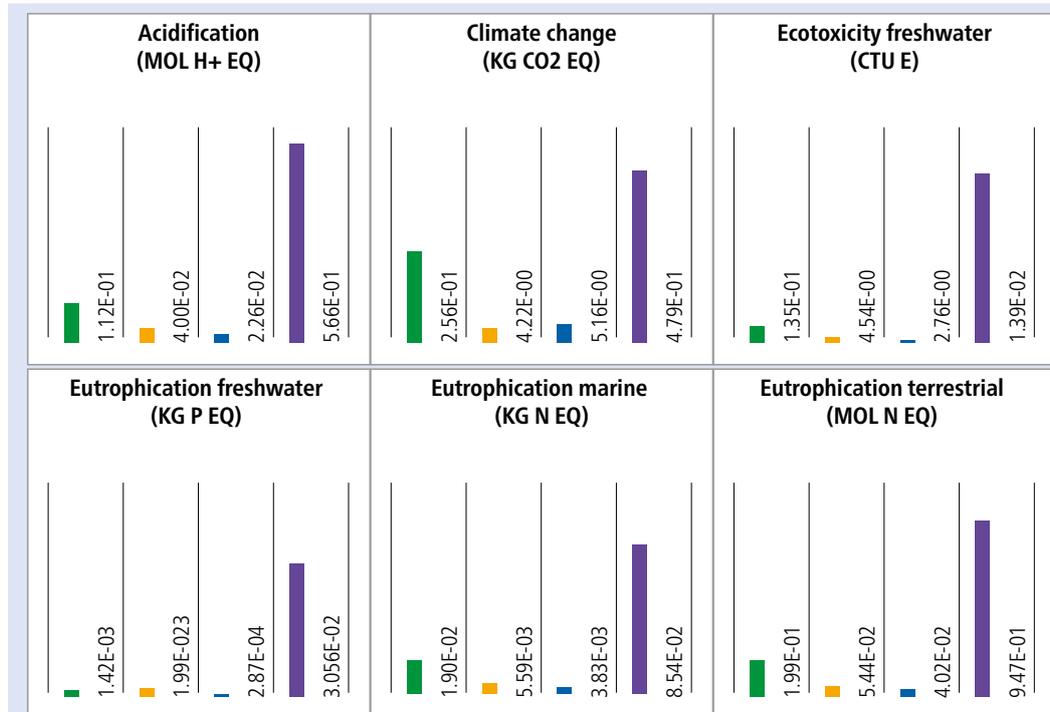
Table 1 Assumptions and exclusions

Area	Assumptions and exclusions
Materials	Any materials weighing <0.01 g were excluded To create the dataset for bamboo, the following assumptions were made about bamboo cultivation: Bamboo shoots produced during cultivation but are not used in toothbrushes were excluded The carbon sequestration was excluded as bamboo is assumed to be recycled back into the environment within 100 years No pesticides were applied ¹⁵ Nursery phase and emissions from crop residues were not included Fertilisers were applied once yearly. All fertilisers were from synthetic sources. Direct and indirect field emissions from nitrogen fertilisers, leaching potential and emissions to water from phosphorus fertiliser were based on agricultural guidelines ¹⁶ The main agricultural values for yearly bamboo cultivation were taken from a report by the International Network for bamboo and Rattan ¹⁷ The agricultural machinery used diesel petrol Bamboo was transported via lorry directly to the manufacturer
Manufacture	All waste was recycled back into the manufacturing process Products were manufactured and packaged in one location
Transport	Products are transported directly from the factory location to the company UK headquarters Distances were determined using Google Maps
Consumer use	No toothbrush products were shared between individuals The toothbrush was used twice daily, every day for two minutes ¹¹ The toothbrush, or the replaceable head, was changed every three months ¹⁸ The energy required to charge an electric toothbrush was 2.8 kW/year, as advised by the manufacturer For every episode of tooth brushing, 0.6 litres of tap water was used. This volume was estimated by measuring the volume of water used by ten colleagues The impact of toothpaste use was excluded All tap water used during tooth brushing is washed down the mains drain
Disposal	Every product was disposed of according to the manufacturer's instructions

Table 2 Impact categories and LCIA methods used in this study¹⁰

Impact category (abbreviation)	LCIA method (units)	Description
Acidification (A)	ILCD 2011 Midpoint+ (Mol H+ eq)	Acidification of soils and freshwater due to gas release
Climate change (CC)	IPCC 2013 GWP 100a (kg CO ₂ eq)	Potential for global warming from greenhouse gas emissions
Ecotoxicity freshwater (ECF)	ILCD 2011 Midpoint+ (CTUe)	Harmful effects of toxic substances on freshwater organisms
Eutrophication freshwater (EUF)	ILCD 2011 Midpoint+ (kg P eq)	Changes in freshwater organisms and ecosystems caused by excess nutrients
Eutrophication marine (EUM)	ILCD 2011 Midpoint+ (kg N eq)	Changes in marine organisms and ecosystems caused by excess nutrients
Eutrophication terrestrial (EUT)	ILCD 2011 Midpoint+ (mol N eq)	Changes in land organisms from excess nutrients in soil and air
Human health: cancer effects (CE)	ILCD 2011 Midpoint+ (CTUh)	Harm to human health that causes or increases cancer risk
Human health: ionising radiation (IR)	ILCD 2011 Midpoint+ (kBq U ²³⁵ eq)	Potential damage to human DNA from ionising radiation
Human health: non-cancer effects (NCE)	ILCD 2011 Midpoint+ (CTUh)	Harm to human health that is not related to cancer or ionising radiation
Human health: particulate matter formation (PMF)	PM method (disease incidence)	Harm to human health caused by particulate matter emissions (respiratory inorganics)
Human health: photochemical ozone formation (POF)	ILCD 2011 Midpoint+ (kg NMVOC eq)	Harm to human health from gas emissions that contribute to smog in the lower atmosphere
Land use (LU)	Soil quality index based on LANCA (pt)	Depletion of natural resources, change in soil quality and reduction in biodiversity
Ozone depletion (OD)	ILCD 2011 Midpoint+ (kg CFC11 eq)	Air emissions causing stratospheric ozone layer destruction
Resource use: energy carriers (REC)	CML-IA baseline (MJ)	Depletion of natural fossil fuels
Resource use: minerals and metals (RMM)	CML-IA baseline (kg Sb eq)	Depletion of natural non-fossil fuel resources
Water scarcity (WS)	AWARE (m ³ deprivation)	Potential for water deprivation to humans and ecosystems globally

Fig. 2 LCIA results



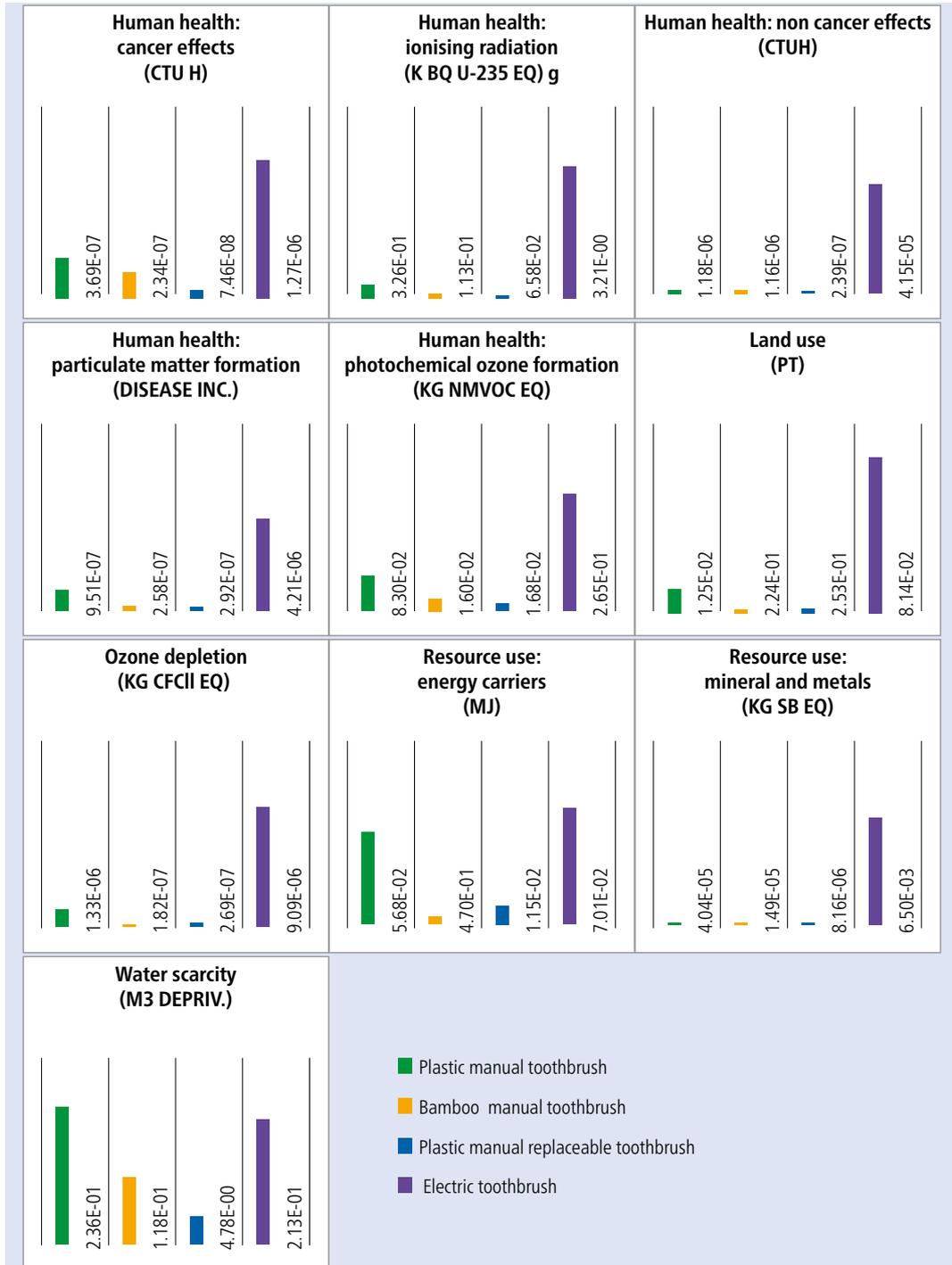
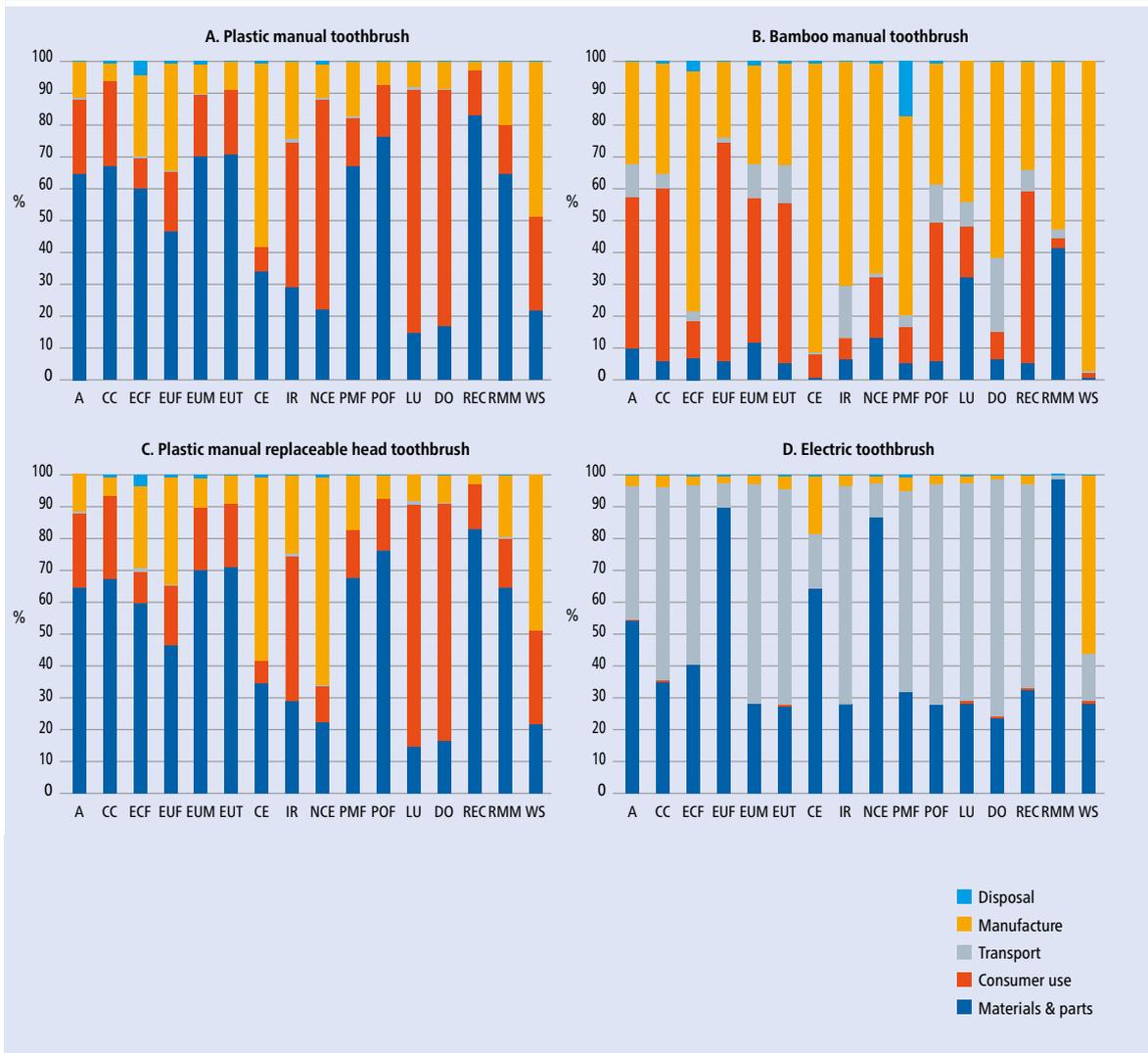


Fig. 3 Contribution analysis for: a) Plastic manual toothbrush. b) Bamboo manual toothbrush. c) Plastic manual replaceable-head toothbrush. d) Electric toothbrush



Discussione

Questo studio ha evidenziato che lo spazzolino manuale in bamboo e quello con la testina intercambiabile ha performato in maniera consistente rispetto lo spazzolino elettrico e lo spazzolino manuale classico.

La sostenibilità dello spazzolino elettrico è

scarsa, avendo il maggiore impatto ambientale in tutte le categorie eccetto uno (la scarsità d'acqua). L'impatto sul cambiamento climatico dello spazzolino elettrico è 11 volte maggiore rispetto allo spazzolino in bamboo.

Considerando l'uso del suolo e la conseguente riduzione della biodiversità e dell'habitat, l'impatto negativo dello spazzolino elettrico è stato

di oltre 36 volte quello dello spazzolino in bamboo.
(...)

Tutti i prodotti dello studio hanno le setole in nylon, tutti eccetto il prodotto in bamboo usano plastica anche per il manico e in parte del packaging. Lo spazzolino in bamboo usa 11g di plastica in cinque anni.

Il PP nel manico dello spazzolino manuale e in quello con la testina intercambiabile ha contribuito maggiormente nell'aumentare l'impatto. La testina intercambiabile usa bioplastica, il cui 30% da polimeri derivati dall'amido, l'effetto di questo non è chiaro e i nostri risultati suggeriscono che il minor peso della plastica, dato dal dover solamente cambiare la testina e non il manico, ha avuto un migliore impatto. Future ricerche per identificare "l'ideale" spazzolino sostenibile dovrebbe investigare l'esatto impatto di cambiare il PP in bioplastica.
(...)

In questo studio, quattro spazzolini per uso individuale sono stati selezionati per rappresentare ogni tipo di spazzolino; tuttavia il mercato è in costante cambiamento. In particolare, gli spazzolini elettrici hanno una grande varietà nel design e le loro "features" e composizioni sono costantemente aggiornate.
(...)

Le LCA sono solitamente condotte internamente dal produttore, non è il caso di questo studio. Per identificare correttamente tutti i materiali e i processi dei prodotti, gli autori hanno dovuto richiedere i dati pertinenti ai produttori. Dove non è stato possibile confermare un materiale o un processo, sono state fatte delle assunzioni dagli autori basate sulla loro conoscenza dell'industria.
(...)

Alcune delle assunzioni fatte nell'uso e nel disposal sono pressochè irrealistiche.
(...)

Questa LCA assume che gli individui gettano i loro prodotti in accordo con le raccomandazioni del produttore - Per lo spazzolino in bamboo questo include la rimozione delle setole in nylon e dei fermi in metallo dal manico in bamboo. - È considerato irrealistico aspettarselo dai consumatori.

Per lo spazzolino elettrico è stato assunto che il manico sia utilizzato da un solo individuo e dismesso dopo cinque anni. Le famiglie potrebbero condividere un unico manico e potrebbero aggiornarlo insieme all'unità di ricarica più o meno spesso di cinque anni.

Non ci sono evidenze che usando uno spazzolino elettrico ci sia una riduzione dell'incidenza di carie o malattie parodontali, anche se si comporta meglio nella riduzione dei livelli di placca dentale.

Gli spazzolini elettrici sono più costosi e meno ambientalmente sostenibili rispetto agli spazzolini manuali. Questa dovrebbe essere una grossa considerazione da fare quando si raccomanda spazzolini al pubblico. Principi simili dovrebbero essere applicati agli spazzolini procurati dal NHS per i programmi pubblici di salute orale, tenendo in considerazione anche gli spazzolini in bamboo e gli spazzolini con le testine intercambiabili. Bisogna ammettere che il costo di spazzolini in bamboo e con testine intercambiabili è maggiore rispetto a un semplice spazzolino manuale, questo può rappresentare una barriera alla loro diffusione.

Conclusioni

Questa semplice LCA comparativa ha messo in luce come uno spazzolino manuale con testina intercambiabile e uno manuale in bamboo, performano meglio rispetto ad un tradizionale spazzolino manuale e uno spazzolino elettrico in ogni categoria d'impatto ambientale. Questi risultati possono essere utilizzati per informare le scelte individuali dei consumatori.

ri, raccomandazioni sulla salute orale, scelte di spazzolini per programmi pubblici sulla salute e la produzione di spazzolini da denti.

Riflessioni

Questa prima LCA chiarisce come allo stato attuale le migliori performance ambientali le ha lo spazzolino che razionalizza l'uso del materiale, nel caso dello spazzolino con la testina intercambiabile, o ne cambia l'origine, nel caso dello spazzolino in bamboo.

Lo spazzolino elettrico è quello che è risultato più impattante poichè oltre al normale impatto che già hanno i suoi componenti va sommato quello della batteria, che, oltre alla sua produzione, va smaltito alla fine dei suoi 5 anni di vita.

5.2 Incorporating sustainability into assessment of oral health interventions

The screenshot shows the ResearchGate interface for the article 'Incorporating sustainability into assessment of oral health interventions'. At the top right is the ResearchGate logo. Below it, a link provides access to discussions, stats, and author profiles. The article title is prominently displayed, followed by its publication details: 'Article in British dental journal official journal of the British Dental Association: BDJ online · September 2020' and the DOI '10.1038/s41415-020-1993-9'. Two statistics are shown: 'CITATIONS 6' and 'READS 2,112'. A section titled '6 authors, including:' lists three authors with their profiles: Brett Duane (Trinity College Dublin, 98 publications, 737 citations), Sophie Saget (Trinity College Dublin, 18 publications, 169 citations), and Derek Richards (University of Dundee, 232 publications, 1,682 citations). Each author has a 'SEE PROFILE' button. Below this, a section titled 'Some of the authors of this publication are also working on these related projects:' lists two projects: 'Advocating the need for children to visit the dentist by 12 months in Ireland View project' and 'Dentistry View project'.

Duane, Brett & Ashley, Paul & Saget, Sophie & Richards, Derek & Pasdeki-Clewer, Eleni & Lyne, Alexandra. (2020). Incorporating sustainability into assessment of oral health interventions. British dental journal. 229. 10.1038/s41415-020-1993-9.

Nello stesso anno gli stessi autori hanno intrapreso un altro interessante studio, che mette in luce e approfondisce alcuni aspetti riguardo il precedente lavoro.

DALYs

Il peso sulla salute umana può essere espressa in DALYs. DALYs sono il numero di anni di perdite umane in una popolazione per via di patologie (malattie e disabilità) e mortalità (morte precoce). DALYs può essere calcolato usando il modello LCA.

Usando i dati per i quattro spazzolini da denti nel nostro studio originale, abbiamo calcolato il DALYs perso dall'atto di uno spazzolamento dei propri denti durante cinque anni (l'unità funzionale di quella LCA).

DALYs è stato calcolato usando ReCiPe 2016 Endpoint. Tutti i DALYs attribuibili all'unità funzionale sono state sommate.

I risultati mostrano come lo spazzolino elettrico ha il più significativo impatto sui DALYs - un totale di 10 ore.

Da un'analisi più approfondita, la maggioranza del danno sulla salute personale (espressa in DALYs) proviene dal consumo di acqua usata per la produzione dell'elettricità.

“Modelling an “ideal” toothbrush”

Prendendo in considerazione due metri di giudizio (il DALYs vs la degradazione ambientale), il team di ricerca al Trinity College Dublin e l'UCL hanno deciso di modellare il miglior spazzolino da denti possibile.

La nostra analisi inizia dallo spazzolino manuale in plastica dall'LCA originale, prodotto in Svizzera. L'unità funzionale è definita come la produzione di 28 MLN di spazzolini manuali su un periodo di 12 mesi. Fig. 1.

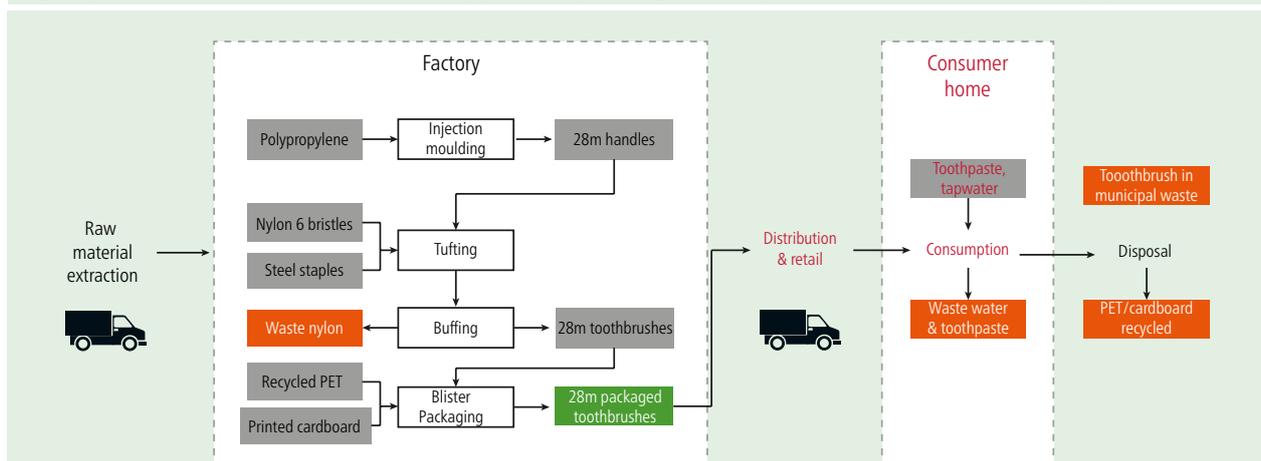
È stata usata la stessa metodologia LCA del precedente studio, seguendo le linee guida EU Product Environmental Footprint.

Per semplificare i risultati ci siamo focalizzati sul cambiamento climatico e sull'impatto DALY. Il risultato mostra che la produzione di spazzolini manuali in un anno produce più di 2.5 MLN Kg CO2e e 43,000 DALYs. In più, l'analisi ha mostrato che il manico in PP dà il maggior contributo alla carbon footprint (62%). (...)

Table 1 DALYs lost due to one individual using a toothbrush over five years (displayed in DALY hours lost). Figures are rounded to four decimal places

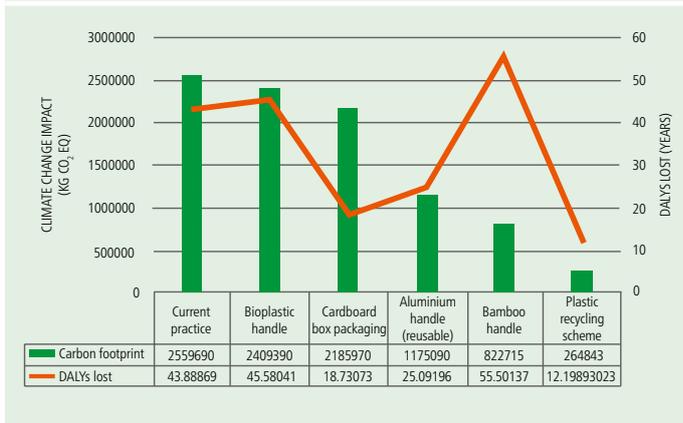
Human health impact category	Electric toothbrush	Plastic manual toothbrush	Bamboo manual toothbrush	Plastic manual toothbrush with replaceable heads
Water consumption	9.8112	2.1024	0.4923	0.4359
Ionising radiation	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000
Global warming	0.0350	0.0227	0.0031	0.0046
Ozone formation	0.0008	0.0004	0.0001	0.0001
Fine particulate matter formation	0.1878	0.0631	0.0110	0.0127
Human carcinogenic toxicity	0.0007	0.0001	0.0000	0.0000
Stratospheric ozone depletion	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
Human non-carcinogenic toxicity	0.0082	0.0003	0.0001	0.0001
Total hours of DALYs lost over five years	10.0439	2.1892	0.5066	0.4434

Fig. 1 System boundaries for current manufacturing practice of producing 28 million plastic manual toothbrushes in a single year



Red = excluded from the system boundaries

Fig. 2 Toothbrush modelling results for climate change impact and DALYs



Abbiamo investigato l'impatto di usare differenti materiali per il manico, come bioplastiche, bamboo, alluminio e plastica riciclata. Considerando anche il materiale del packaging; usando semplici scatole di cartone. Gli specifici scenari di produzione e disposal sono mostrati nella Tabella 2. Le assunzioni sono prese dal precedente paper.

Il risultato per ogni modello sono mostrati nella Fig. 2. Tutti gli scenari considerati mostrano un miglioramento generale della carbon footprint comparandolo all'attuale produzione; però, i risultati DALY sono variabili. Usando bioplastica invece di PP, c'è un miglioramento di solo il 6% mentre si incrementa il DALY al 4%. Usando manici in bamboo si migliora la carbon footprint del 68% incrementando, però, il DALY del 26%. Il bilancio ottimale ce l'ha il modello che utilizza uno schema di riciclo della plastica (90% e 72% di miglioramento, rispettivamente). Il dettaglio per questo modello ce l'abbiamo in Figura 3. In questo modello il maggiore impatto è dalle setole in nylon (responsabile per il 90% della carbon footprint). In questo modello, come per gli altri, il contributo maggiore al risultato DALY ce l'ha l'uso dell'acqua per produrre elettricità, che è utilizzata nel processo produttivo (responsabile per il 50-90% del risultato totale del DALY)

(...)
Lo spazzolino con il manico in plastica ricicla-

Table 2 Changes to toothbrush manufacture and disposal in each model

Model	Manufacture			Disposal
	Making handle	Attaching bristles	Packaging	
Current practice	Polypropylene is injection-moulded into plastic handles	Nylon 6 and steel staples are used in tufting and buffing machines to make 28 million toothbrushes	Recycled PET: polyethylene terephthalate and a printed cardboard back are blister-packaged together to make 28 million packaged toothbrushes	The consumer puts the toothbrush in municipal waste, and the packaging in plastic and paper recycling waste
Bamboo handle	Bamboo is grown in China and transported to factory in Europe. It is shaped and heat-treated into bamboo handles	No change to current practice	No change to current practice	Bristles removed and put into municipal waste by consumer and wood handle recycled. Packaging put into paper and plastic recycling waste
Bioplastic handle	96% corn starch-based biopolymer is mixed with 4% polypropylene and injection-moulded into bioplastic handles	No change to current practice	No change to current practice	No change to current practice
Cardboard packaging	Polypropylene is injection-moulded into 28 million handles	No change to current practice	A single printed cardboard box packages 28 million toothbrushes	Cardboard box recycled and toothbrush put into municipal waste
Plastic recycling scheme	The manufacturer collects used toothbrushes and packaging from consumer. The nylon bristles and any degraded plastic (estimated 10%) is removed into municipal waste. The remaining plastic is cleaned, shredded and autoclaved. It is mixed with 10% new polypropylene to make new toothbrush handles and packaging	New tufting machine that does not require metal staples	Plastic packaging is recycled as per handle manufacture	Manufacturer collects toothbrush and packaging for recycling
Reusable aluminium handle	Recycled aluminium is cast and anodised into reusable handles. Reusable heads are made with plastic recycling scheme (see plastic recycling model)	New tufting machine that does not require metal staples	Plastic packaging is recycled as per plastic recycling scheme model	Consumer recycles aluminium handle after 20 years. The plastic heads and packaging are recycled by manufacturer

ta assume che il produttore si prende in carico la responsabilità di collezionare e riciclare gli spazzolini.

Discussioni

Questa ricerca ha mostrato come uno spazzolino prodotto da plastica riciclata è l'opzione più ambientalmente sostenibile e produce la più bassa perdita di DALY.

Questo, inoltre offre un ragionevole adattamento all'odierno appetito della nostra società per la riduzione di plastica mono-uso, aprendo nuovi possibili opportunità di mercato per i produttori. I produttori potrebbero innovare proponendo nuovi schemi di riciclo. Nello scenario vincente, il produttore potrebbe offrire una struttura per raccogliere spazzolini usati e i loro rispettivi packaging, possibilmente nel punto di acquisto. Le setole di Nylon e qualsiasi plastica degradata (stimata del 10%) verrebbero rimosse e smaltite. Il nylon non è riciclato, ma non esistono ragionevoli alternative riciclabili attualmente nel mercato. La plastica rimanente può quindi essere pulita, triturrata e sterilizzata. La plastica degradata verrebbe rimpiazzata con del PP vergine (stimato del 10%).

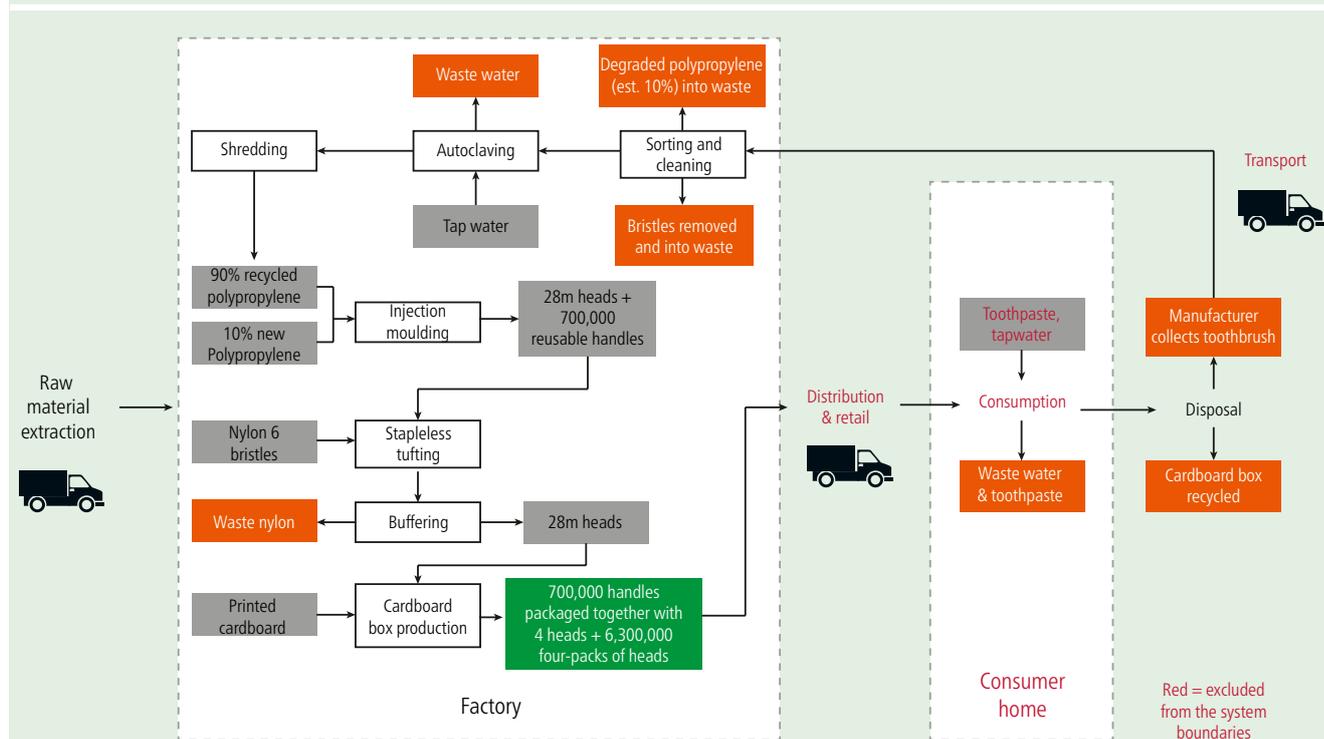
Conclusioni

Prima del 1966, il consumatore comprava cibo senza alcuna se non misera etichetta nutrizionale. Ora, queste etichette hanno un ruolo importante nella scelta del consumatore. Gli autori sostengono un approccio simile per tutti i prodotti per la salute orale e per gli interventi somministrati professionalmente, con la necessità di misurare e pubblicare i dati sulla loro efficacia clinica e l'impatto ambientale utilizzando un'appropriata metodologia standardizzata come quella dell'LCA.

Riflessioni

Quest'ultima LCA, che funge da integrazione della prima, mette in luce come aggiungendo questo nuovo parametro, il DALY (un parametro per valutare il peso che una determinata azione ha sulla salute umana) insieme ai classici impatti ambientali, lo spazzolino in bamboo perde di efficacia. Il motivo è dietro il suo elevato consumo di acqua che ne alza drasticamente il DALY. Il miglior compromesso lo possiamo avere attraverso lo spazzolino che utilizza uno

Fig. 3 The LCA system boundary model for toothbrush manufacturing that uses a recycling scheme to reuse plastic from previous toothbrushes



schema di riciclo. Assumendo di riuscire a raccogliere gran parte degli spazzolini usati, si può dar vita a uno spazzolino meno impattante sia considerando le classiche categorie d'impatto ambientale che il nuovo fattore DALY.

Inoltre, in questa nuova LCA lo spazzolino in plastica con la testina intercambiabile che performò bene nella prima LCA viene sostituito da uno spazzolino con la testina intercambiabile con manico in alluminio che ha un impatto maggiore in produzione rispetto al PP. Dopo un attenta analisi, il motivo che probabilmente ha spinto ad analizzare uno spazzolino del genere è probabilmente dovuto dal minor degrado estetico a cui uno spazzolino con il manico in alluminio è sottoposto. Meno degrado estetico significa anche maggiori probabilità che l'utente non senta il bisogno di cambiarlo in tempi brevi e, quando sarà il momento, l'alluminio presente nel manico ne andrà a migliorare le performance di riciclaggio. Sempre per lo spazzolino con il manico in alluminio è stato ipotizzato il suo smaltimento dopo 20 anni di utilizzo, è impossibile se non altamente improbabile una stima del genere.

Considerando poi che oltre al fatto che lo spazzolino intercambiabile ha performato meno rispetto allo spazzolino che segue uno schema di riciclo e che sostituire lo spazzolino nella sua interezza piuttosto che in una sua parte è la soluzione più salutare a livello igienico, si è scelto di optare per la progettazione di uno spazzolino pensato per entrare all'interno di uno schema di riciclo.

5.3 Riflessioni progettuali

Lo studio di queste due ricerche è di grande importanza per il mio lavoro. Il contributo di questi lavori può essere riassunto mediante i risultati che essi hanno prodotto.



Titolo

Combining evidence based healthcare with environmental sustainability: using the toothbrush as a model.

Titolo

Incorporating sustainability into assessment of oral health intervention

Descrizione

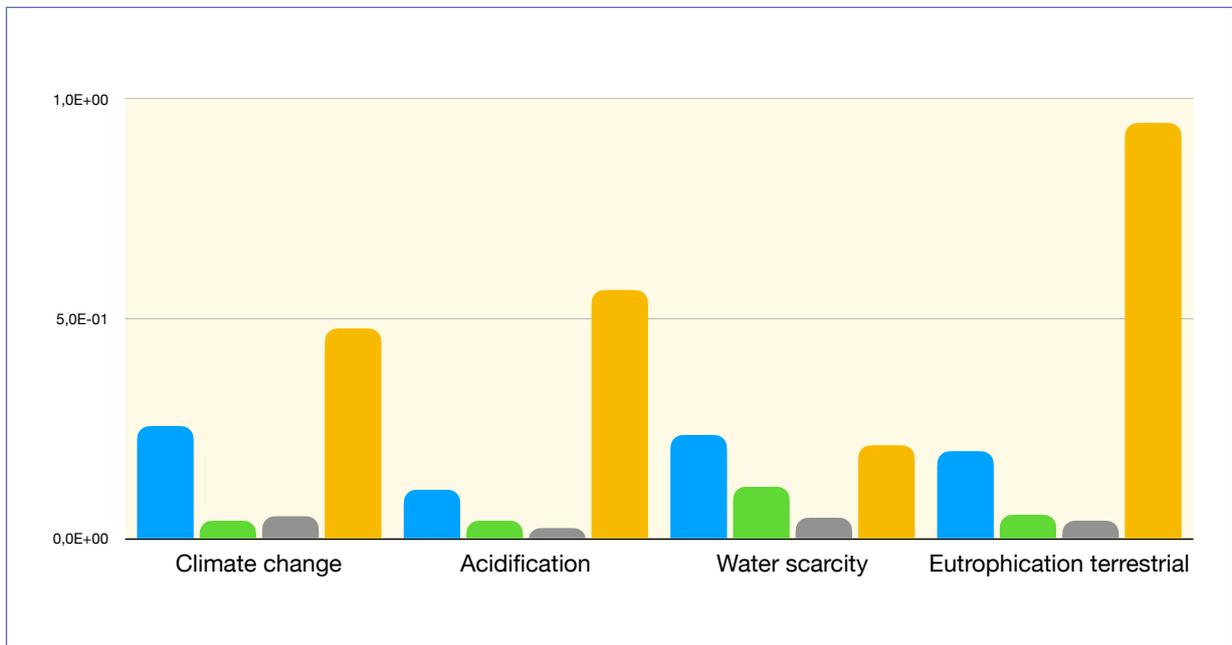
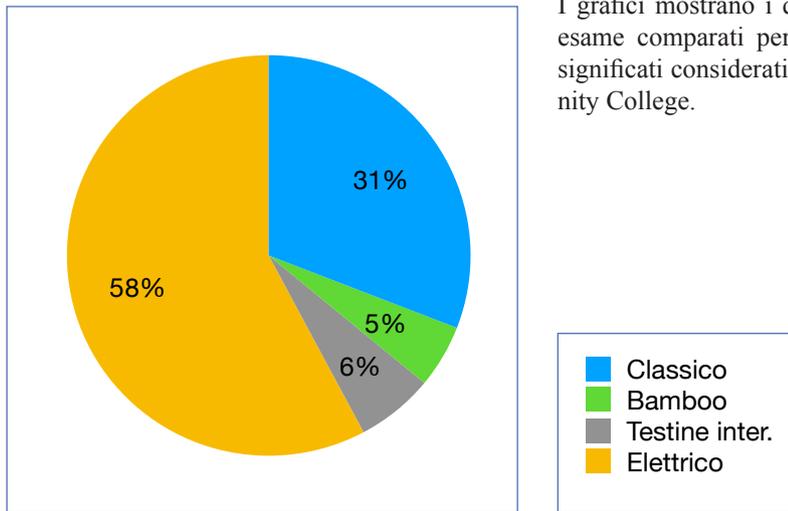
Questa LCA compara quattro tipologie di spazzolini mettendone in luce le performance ambientali ed esprimendole in quantitativo di Co2 emesse.

Descrizione

Partendo dalla LCA già prodotta, viene immaginato il miglior spazzolino possibile comparando quattro scenari ipotetici.

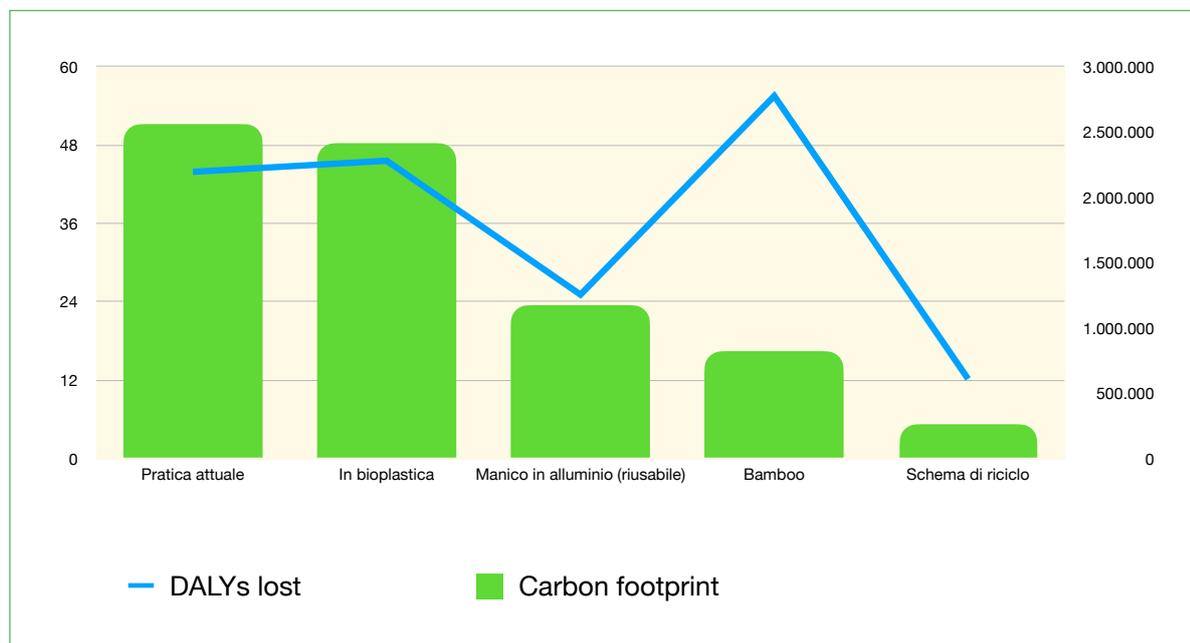
Risultati

I grafici mostrano i quattro spazzolini presi in esame comparati per alcuni degli impatti più significativi considerati dallo studio LCA del Trinity College.

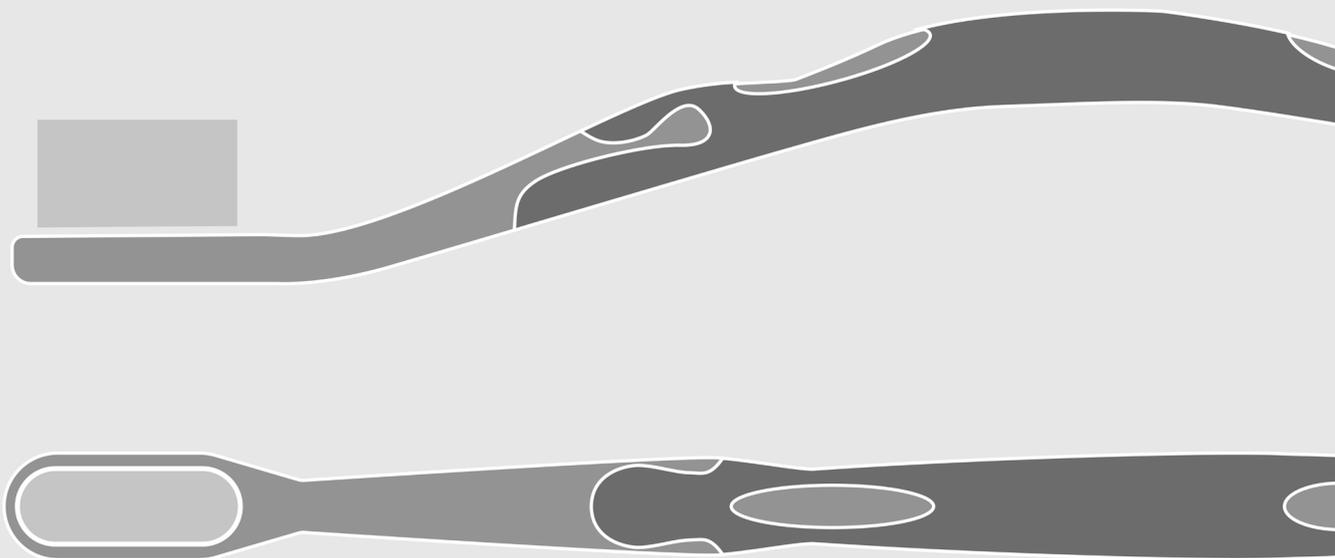


Risultati

I grafici mostrano in comparazione i quattro scenari ipotetici valutati in base alla loro Carbon Footprint (in verde) e al DALYs (in blu). Ne esce vincitore lo schema di riciclaggio e vede lo spazzolino in bamboo perdere sia considerando la CO₂ emessa, ma soprattutto per il valore DALY che risulta il più alto rispetto a tutti gli altri. Questo dipende dall'elevato consumo di acqua necessario durante tutto il ciclo di vita.



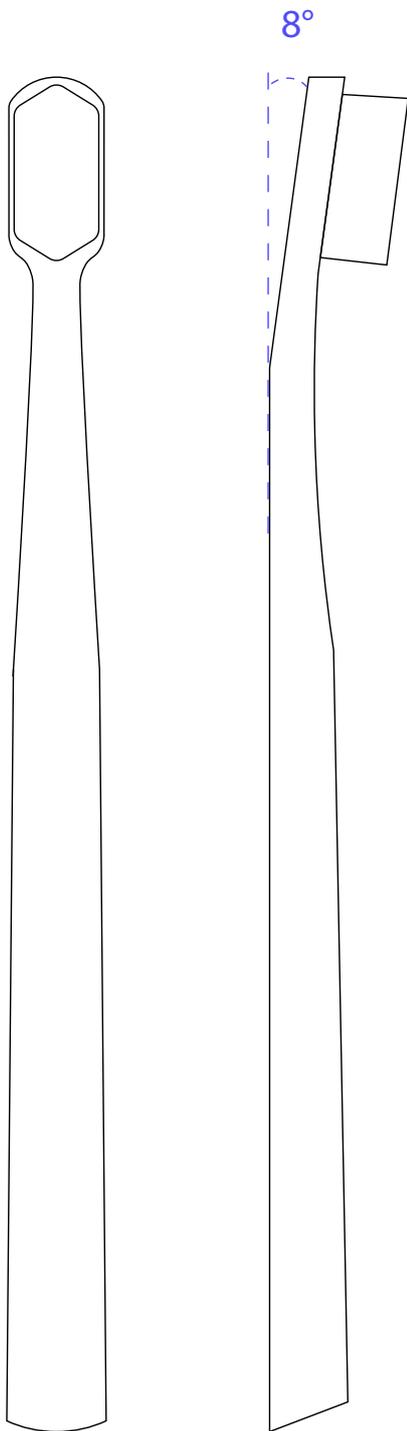
6. Analisi morfologica e funzionale dello spazzolino da denti



All'interno di questo capitolo verranno mostrati i risultati della fase di rilievi degli spazzolini. Prendendo un campione di dieci spazzolini spaziando tra tutte le categorie di forme e dimensioni verranno esaminati quali sono gli ingombri generali, massimi e mini di ogni spazzolino. Definendo e analizzando qual è il range di misure attualmente utilizzato nella progettazione di spazzolini da denti manuali. Ogni spazzolino è stato scelto considerando la sua presenza sugli scaffali e prediligendo marchi rinomati e presenti sul settore da tempo. Le rappresentazioni 2D saranno tutte in scala 1:1.





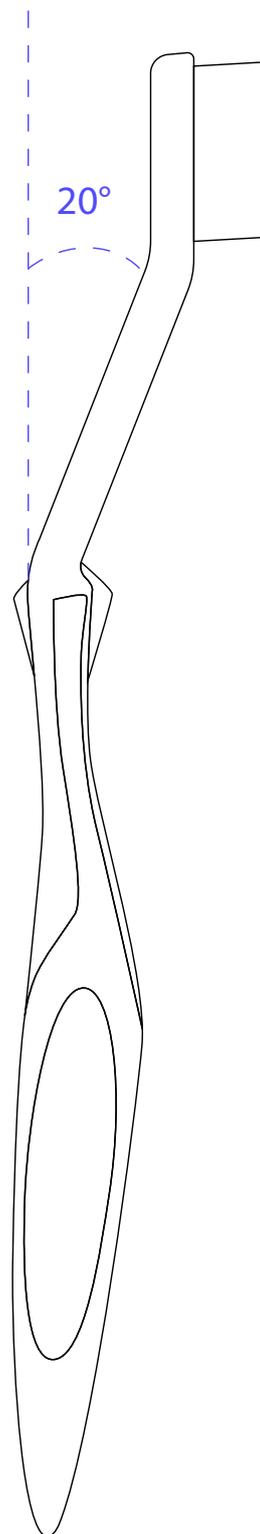
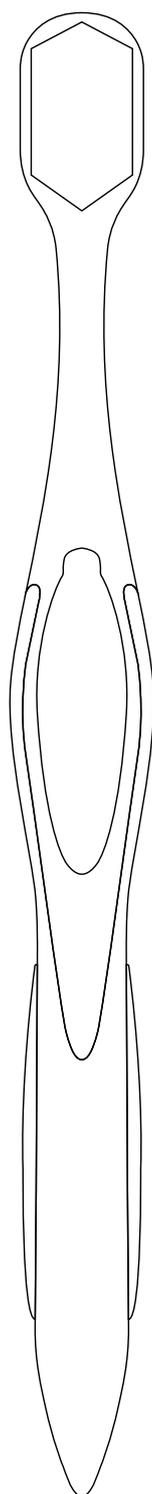


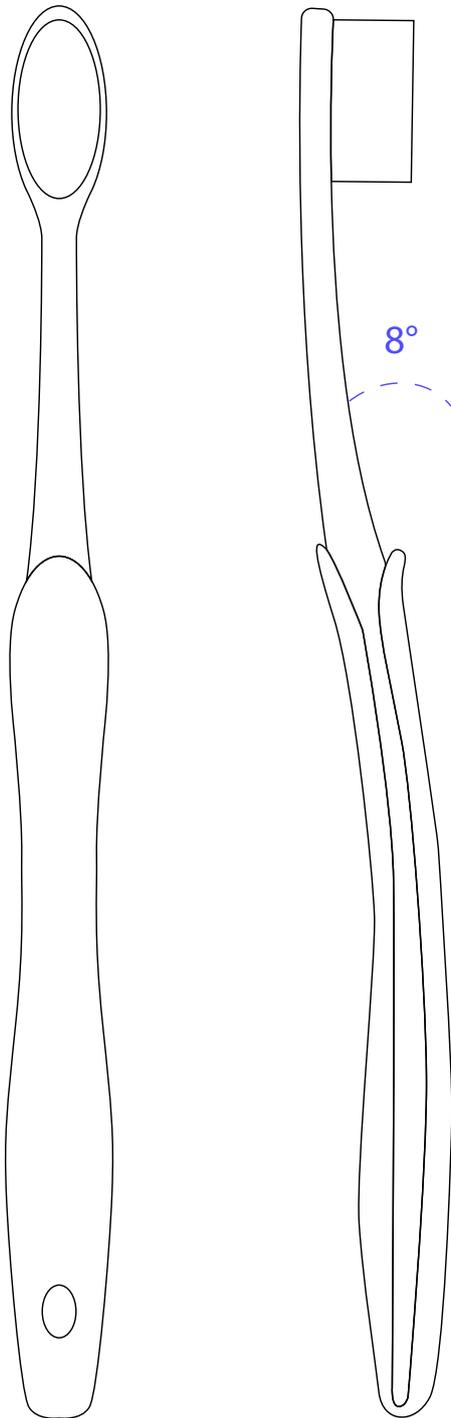
Curaprox ultra soft 5460 prodotto da CURAPROX. Viene venduto sui 6 euro. Il suo peso è di 14g. (scala 1:1)

A	
TESTINA rettangolo 8°	
altezza	24
larghezza	12
spessore	4
PROLUNGAMENTO	
altezza	50
MANICO angled	
altezza	157
larghezza	13
spessore	10

Biorepair Curve super soft prodotto da Biorepair. Viene venduto sui 3 euro. Il suo peso è di 22g. (scala 1:1)

B	
TESTINA rettangolo	
altezza	25
larghezza	14
spessore	5
PROLUNGAMENTO	
altezza	43
MANICO offset 20°	
altezza	172
larghezza	>19 <11
spessore	>15 <6



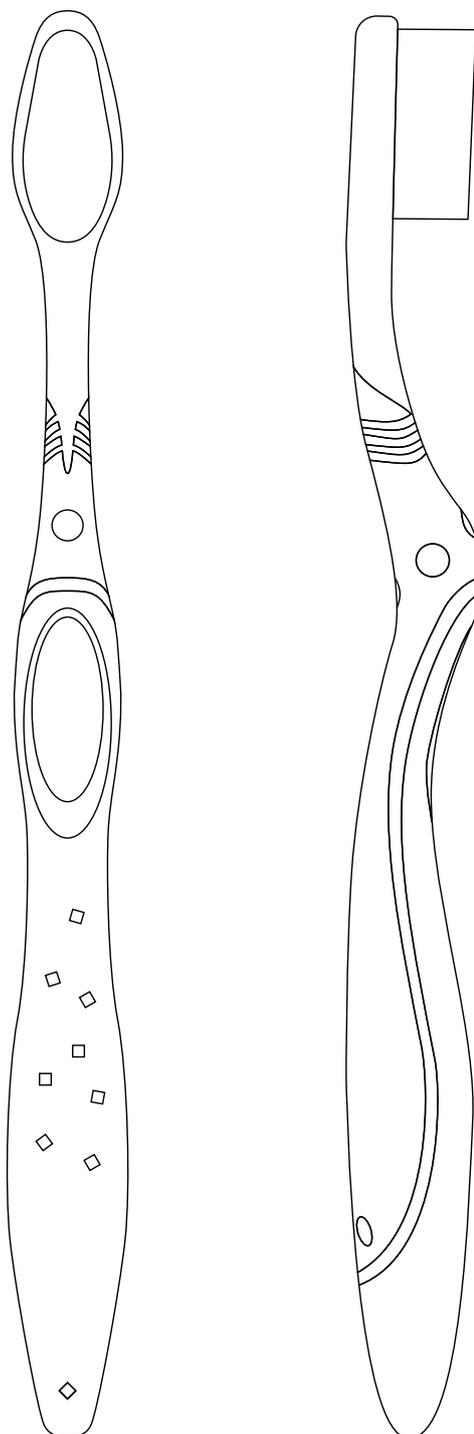


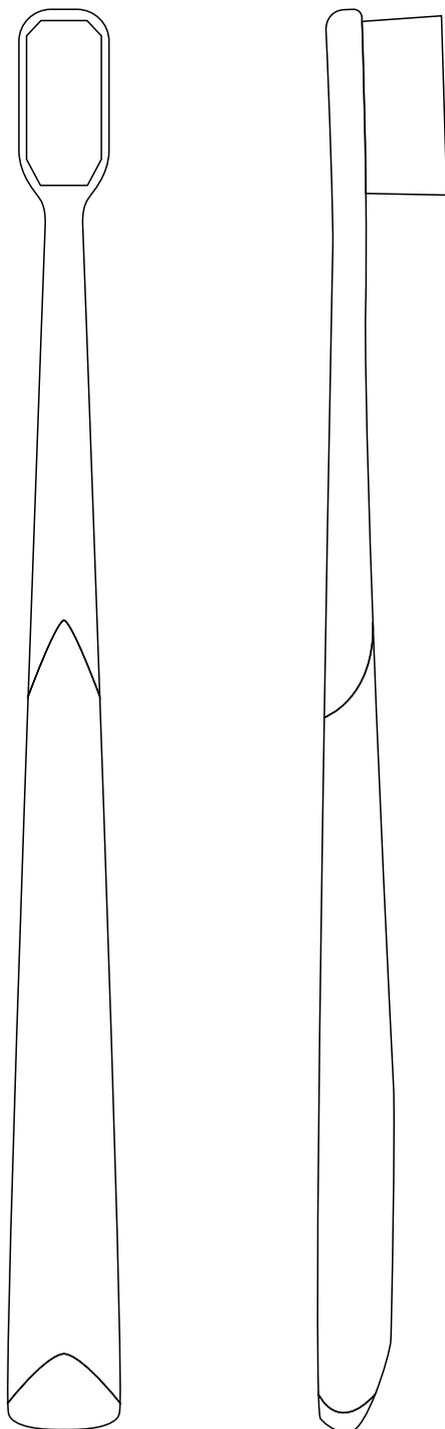
Puro Glossy effect prodotto da Puro by Forhans. Viene venduto sui 3 euro. Il suo peso è di 15g. (scala 1:1)

C	
TESTINA ellisse	
altezza	27
larghezza	12
spessore	4
PROLUNGAMENTO	
altezza	45
MANICO offset 8°	
altezza	161
larghezza	>13<9
spessore	>12<8

Colgate MaxWhite prodotto da Colgate. Viene venduto sui 2 euro. Il suo peso è di 18g. (scala 1:1)

D	
TESTINA diamante	
altezza	31
larghezza	14
spessore	5
PROLUNGAMENTO	
altezza	40
MANICO straight	
altezza	159
larghezza	>16 < 11
spessore	>12 < 8



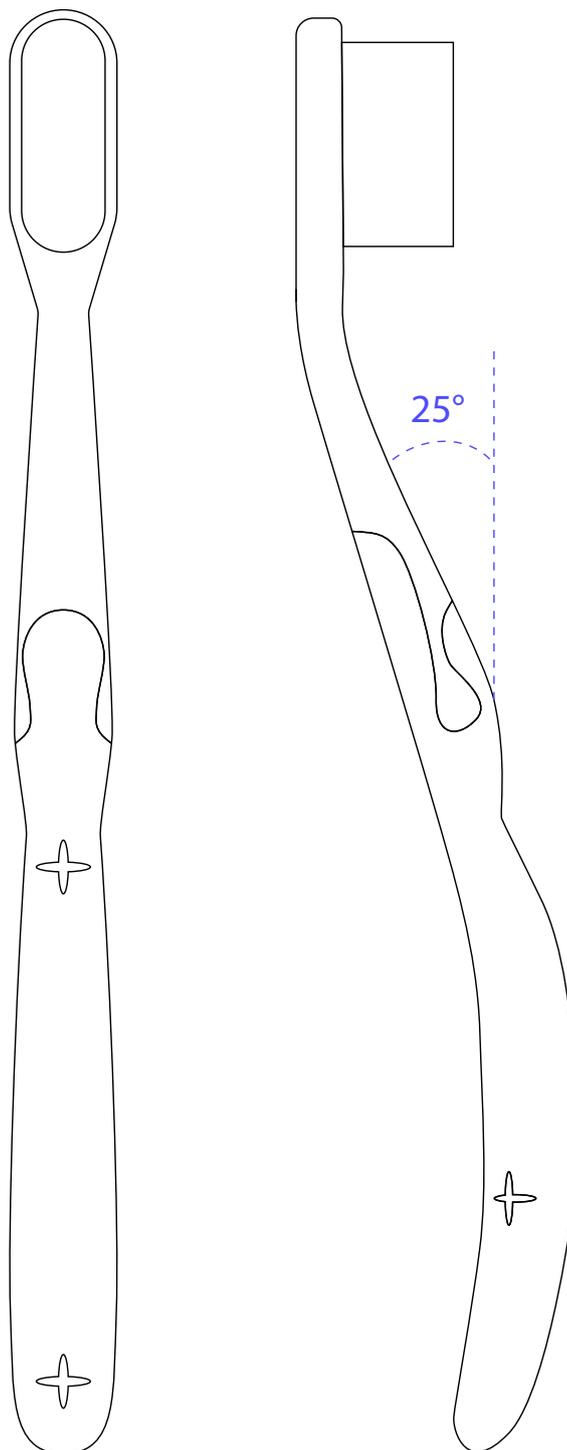


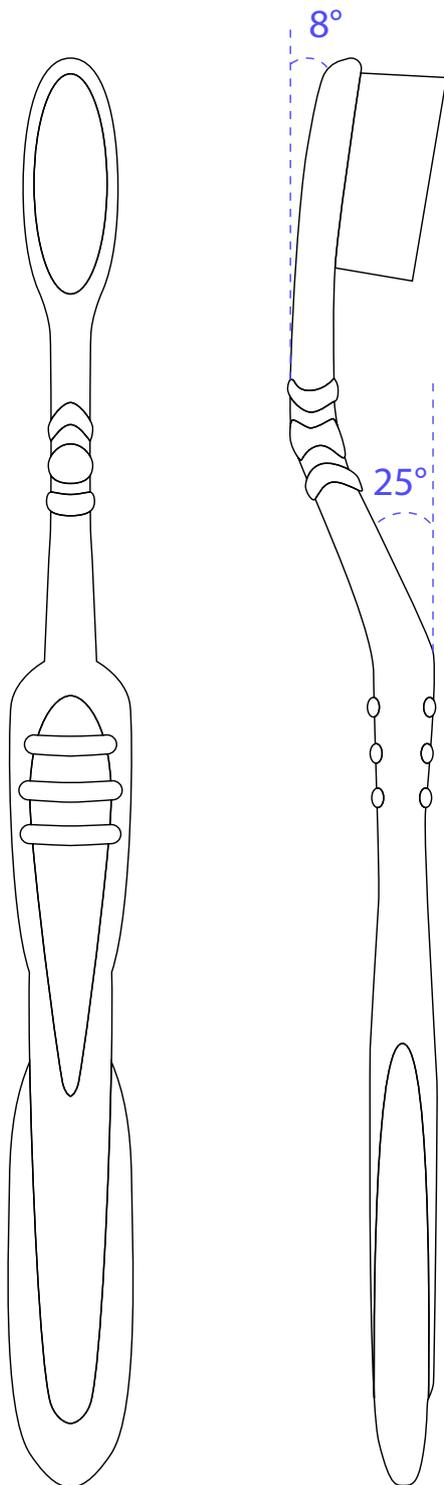
*Mentadent White Now prodotto da
Mentadent. Viene venduto sui 3 euro.
Il suo peso è di 12g.
(scala 1:1)*

E	
TESTINA rettangolo	
altezza	24
larghezza	12
spessore	4
PROLUNGAMENTO	
altezza	55
MANICO straight	
altezza	165
larghezza	>14<10
spessore	>9<7

Silver Care Plus prodotto da Silver Care. Viene venduto sui 3 euro. Il suo peso è di 19g. (scala 1:1)

F	
TESTINA rettangolo	
altezza	32
larghezza	13
spessore	6
PROLUNGAMENTO	
altezza	43
MANICO offset 25°	
altezza	160
larghezza	>14<11
spessore	>13<8



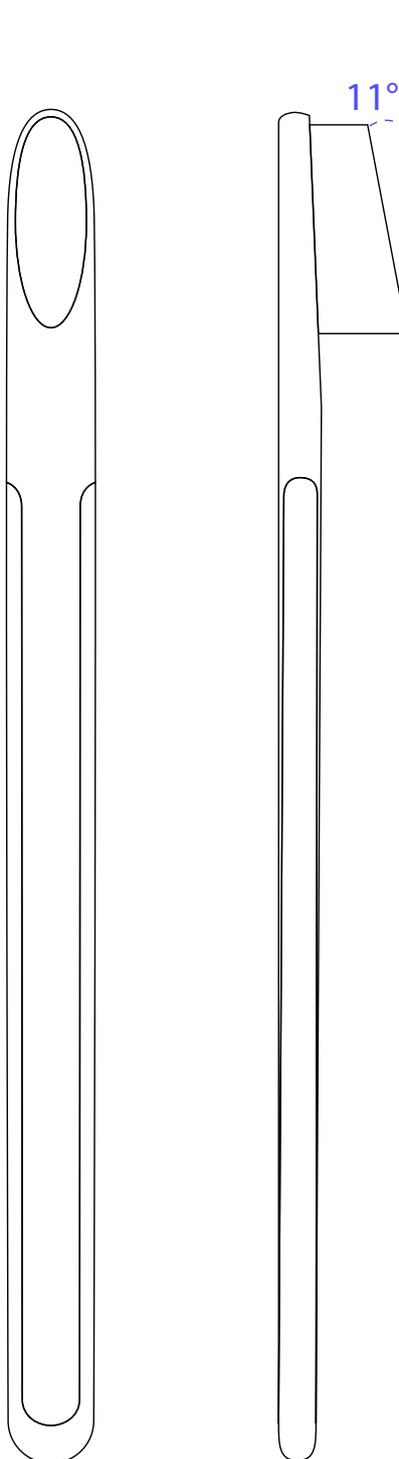


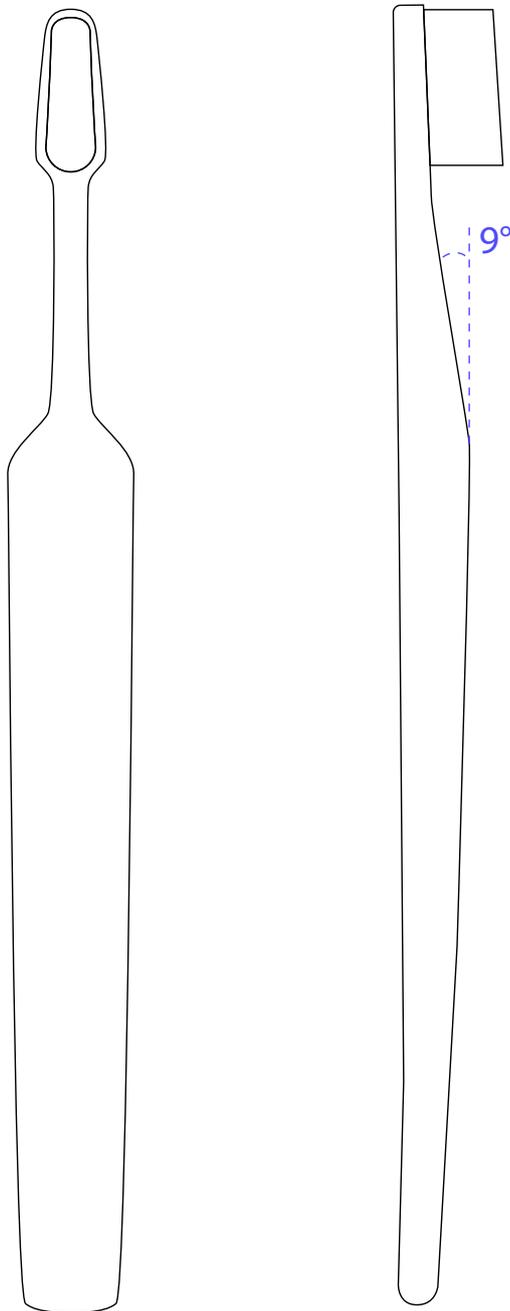
Mentadent Professional prodotto da Mentadent. Viene venduto sui 3 euro. Il suo peso è di 13g. (scala 1:1)

G	
TESTINA ellisse 8°	
altezza	28
larghezza	12
spessore	5
PROLUNGAMENTO	
altezza	49
MANICO angled offset 25°	
altezza	162
larghezza	>16 <12
spessore	>9 <7

Tau-Marin Professional prodotto da Tau-Marin. Viene venduto sui 4 euro. Il suo peso è di 13g. (scala 1:1)

H	
TESTINA ellisse	
altezza	32
larghezza	11
spessore	5
PROLUNGAMENTO	
altezza	/
MANICO straight	
altezza	148
larghezza	11
spessore	6



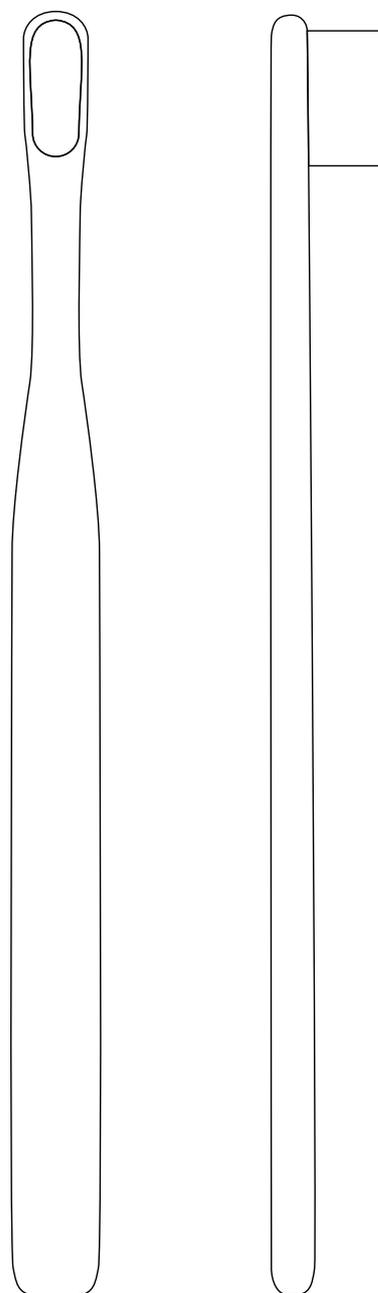


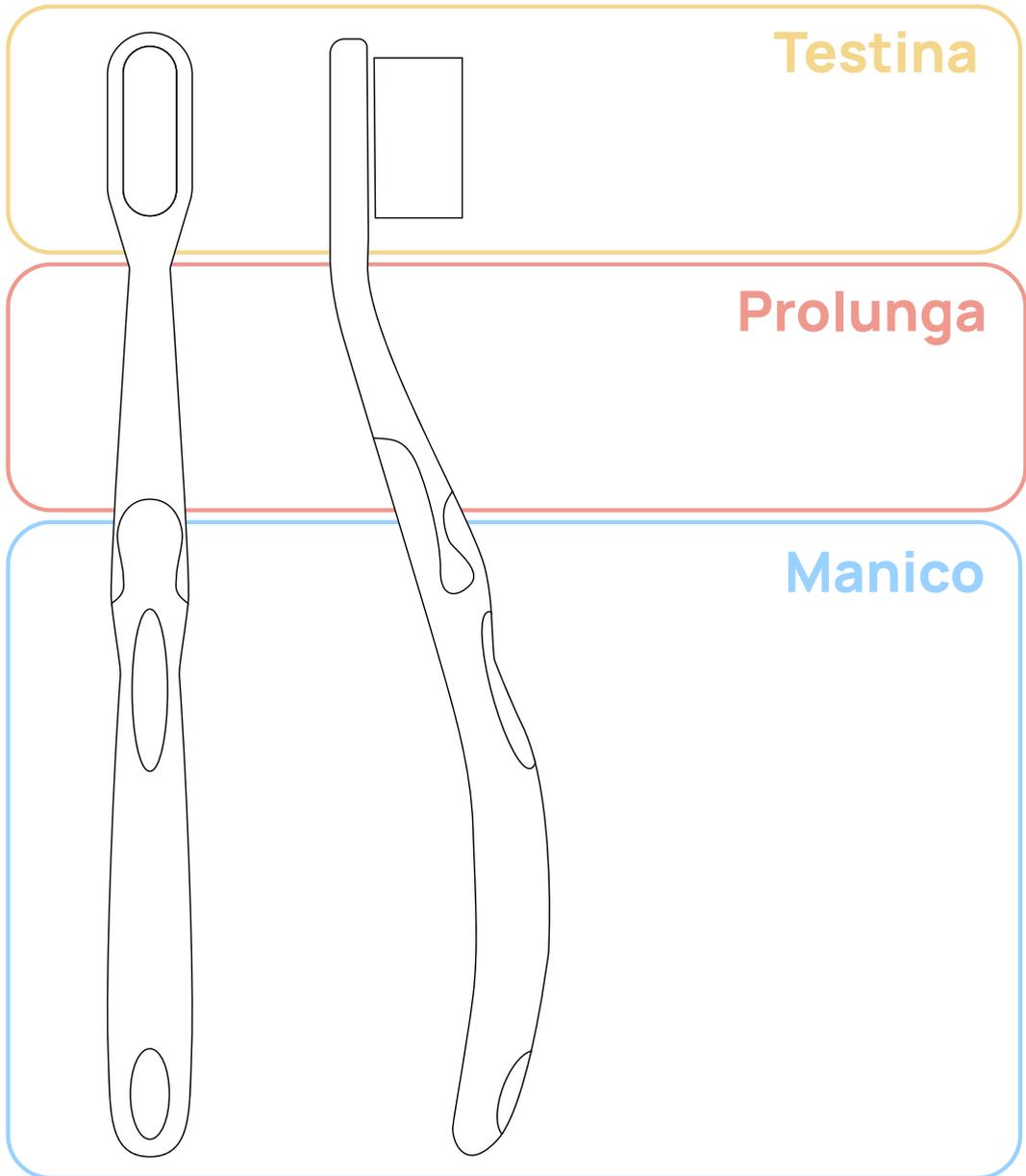
TePe select compact prodotto da TePe. Viene venduto sui 4 euro. Il suo peso è di 13g. (scala 1:1)

I	
TESTINA diamante	
altezza	21
larghezza	>10<7
spessore	4
PROLUNGAMENTO	
altezza	32
MANICO straight	
altezza	153
larghezza	>17<13
spessore	>9<6

Muji prodotto da Muji. Viene venduto sui 2 euro. Il suo peso è di 8g. (scala 1:1)

L	
TESTINA rettangolo	
altezza	20
larghezza	9
spessore	5
PROLUNGAMENTO	
altezza	34
MANICO straight	
altezza	151
larghezza	12
spessore	6



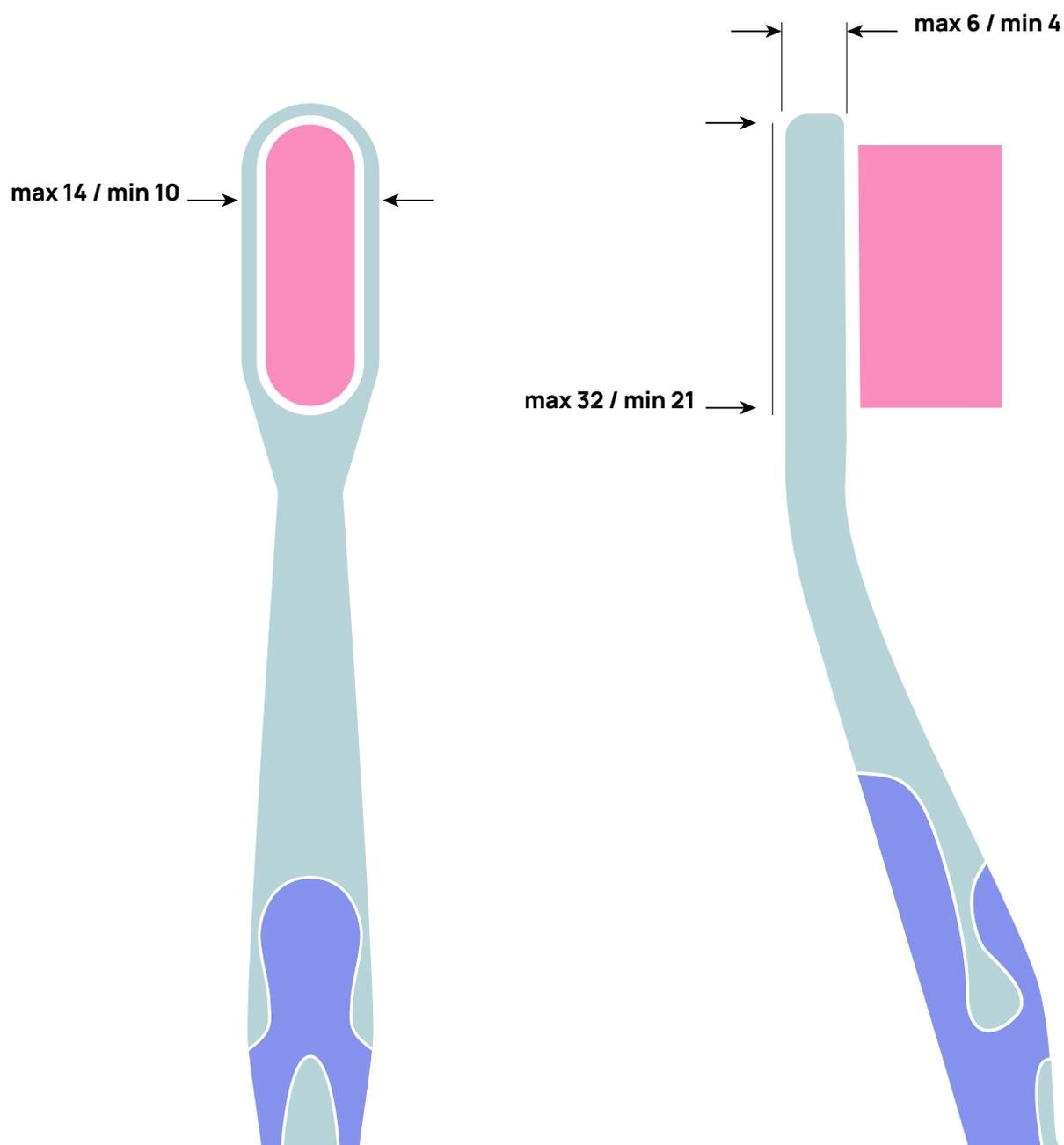


Testina

Una testina piccola è preferibile poichè può raggiungere più facilmente i molari e le parti interne.

Nel caso delle testine a diamante la parte più stretta può arrivare ad un minimo di 7mm.

In certi casi la testina presenta un angolatura di 8° la stessa usata nello spazzolino di Curaprox.



Prolunga

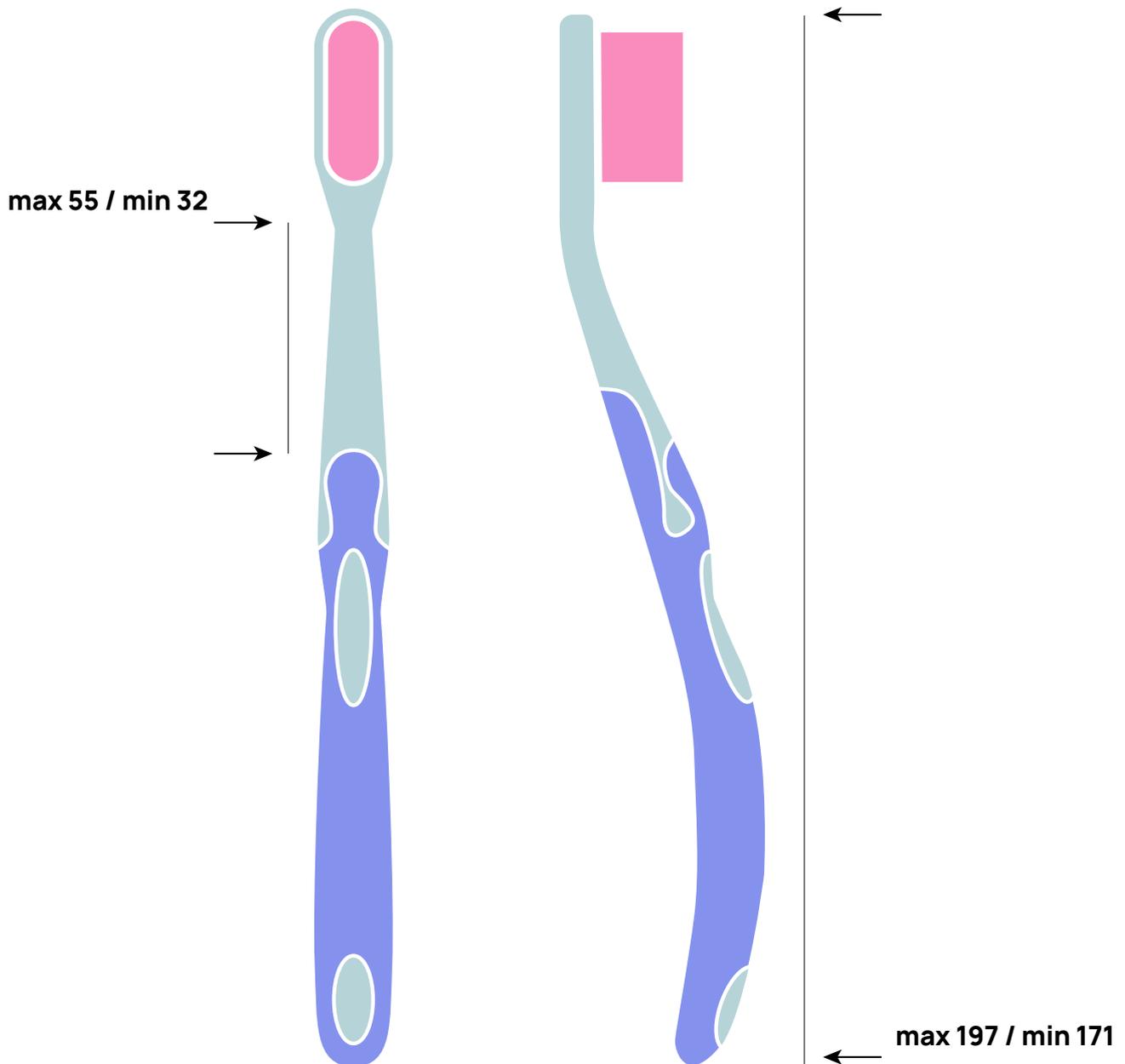
Il prolungamento è inteso come la parte che separa la posizione della mano sul manico dalla testina. Il prolungamento è la parte che dopo la testina è più a contatto con la bocca.

È preferibile un prolungamento più lungo per permettere alla testina di raggiungere tutti i den-

ti e distanziare la mano dalla bocca.

Nel caso dei manici offset er la norma che l'angolatura portasse la testina dietro l'asse del manico.

Lo spazzolino Biorepair è l'eccezione che porta l'angolatura all'esterno e quindi verso la bocca.



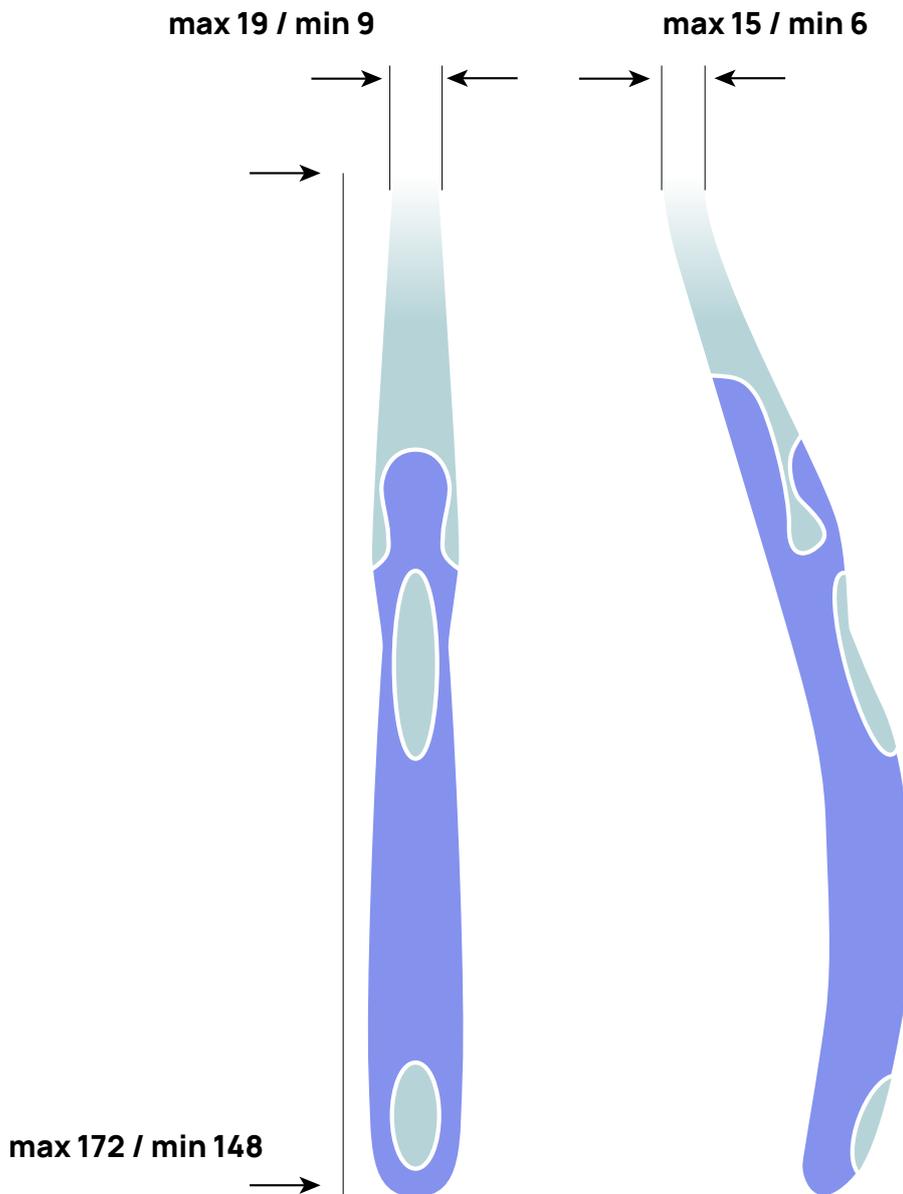
Manico

Generalmente un manico più lungo permette una presa migliore e il raggiungimento di zone più remote della bocca.

Il grip ha un alto valore estetico nello spazzolino.

Le texture vengono solitamente applicate nelle

zone di maggior contatto, ovvero dove si posiziona il pollice e nel lato opposto posteriore.



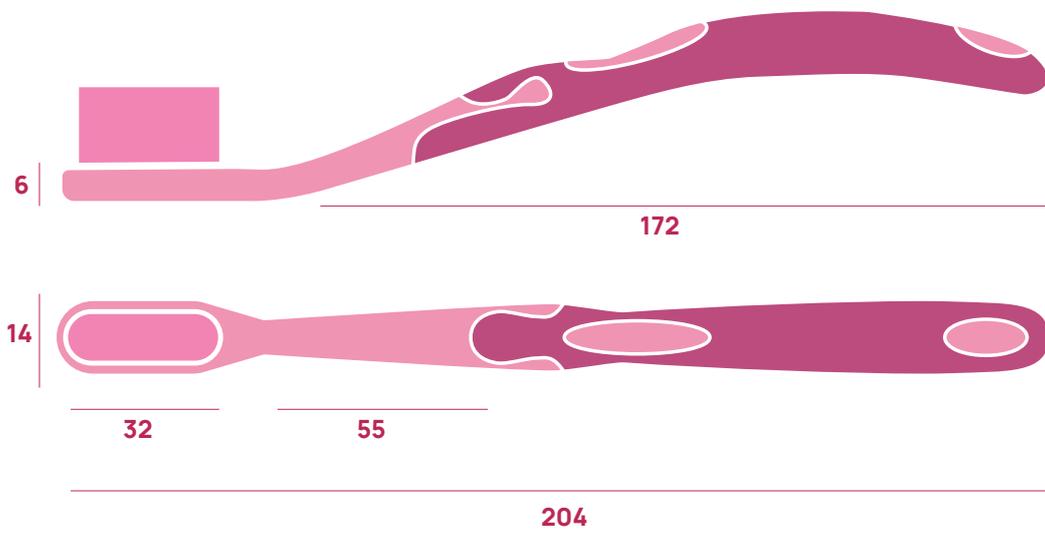
 Massimo
 Minimo

i valori **massimi** per categoria:
Testina: 32 - 14 - 6
Prolungamento: 55
Manico: 172 - 19 - 15

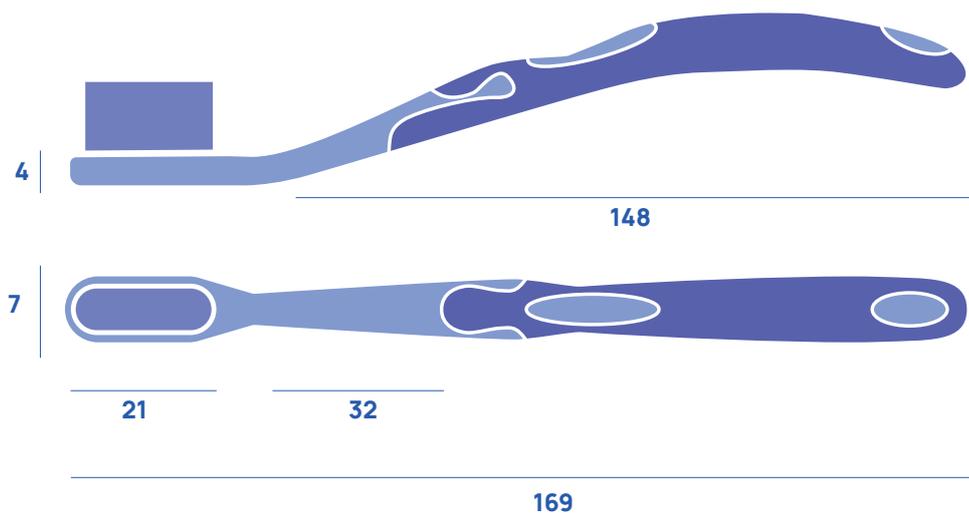
i valori **minimi** per categoria:
Testina: 21 - 7 - 4
Prolungamento: 32
Manico: 148 - 9 - 6

TESTINA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L
altezza	24	25	27	31	24	32	28	32	21	20
larghezza	12	14	12	14	12	13	12	11	>10<7	9
spessore	4	5	4	5	4	6	5	5	4	5
PROLUNGAMENTO										
altezza	50	43	45	40	55	43	49	/	32	34
MANICO										
altezza	157	172	161	159	165	160	162	148	153	151
larghezza	13	>19<11	>13<9	>16<11	>14<10	>14<11	>16<12	11	>17<13	12
spessore	10	>15<6	>12<8	>12<8	>9<7	>13<8	>9<7	6	>9<6	6

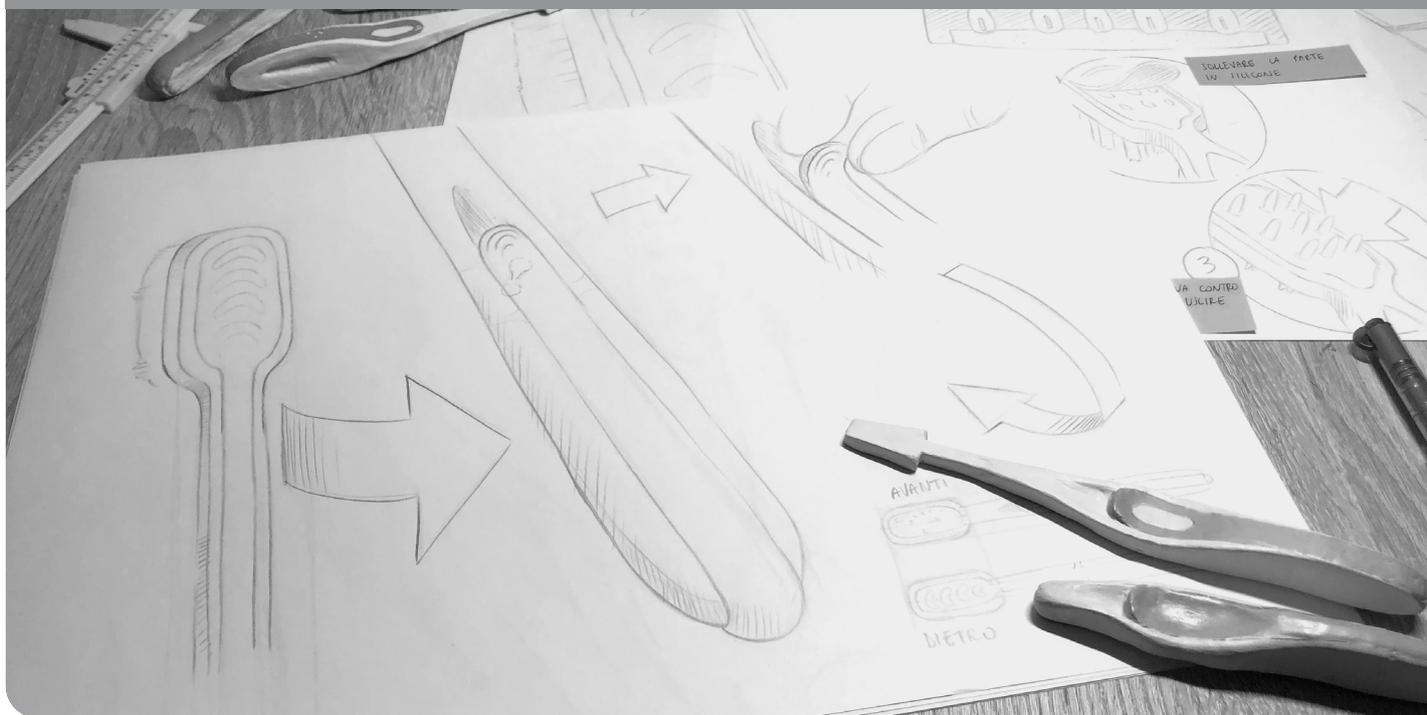
Valori massimi generali



Valori minimi generali



7. Sviluppo concept



In questo capitolo verranno mostrati e spiegati alcuni dei concept ideati prima di arrivare al progetto definitivo. Ogni paragrafo presenterà una breve descrizione e il disegno del concept. Alla fine del capitolo verranno mostrati foto di modelli di studio fatti prima di arrivare al definitivo.

7.1 Criteri di sviluppo progettuale

Tra i criteri di sviluppo progettuale su cui i concept successivi si baseranno si è scelto di indagare lo spazzolino usa e getta ipotizzandolo all'interno di uno schema di riciclo (scelta più sostenibile come emerso nelle LCA di studio). Favorendo come strategia il disassemblaggio rendendolo a carico dell'utente ed eliminando l'industrializzazione di questa fase. È stato inoltre scelto un approccio alla riduzione del materiale e razionalizzazione delle forme conferendo loro una maggiore ergonomia per migliorarne le performance durante l'uso. I processi chiave considerati sono le due tecnologie di ancoraggio setole senza "staple" metallici e il co-stampaggio per tutto lo spazzolino.

Spazzolino manuale usa e getta

VANTAGGI

- Comfort
- Estetica

MOTIVAZIONI

- Il mono uso è la soluzione più igienica ed economica



STRATEGIE

Disassemblaggio da parte dell'utente

VANTAGGI

- Riduzione numero fasi nel processo di riciclo
- Soddisfazione durante l'azione

MOTIVAZIONI

- Riciclo dello spazzolino migliore ipotesi per l'LCA

Ottimizzazione degli ingombri

VANTAGGI

- Meno materiale per il packaging
- Performance migliorate in fase di trasporto

MOTIVAZIONI

- Vantaggio nelle due fasi di trasporto

Ergonomia

VANTAGGI

- comfort in fase di utilizzo
- miglioramento performance funzionali

MOTIVAZIONI

- Razionalizzazione delle forme

PROCESSI

AFT (Anchor Free Tufting)

I filamenti sono immersi in una piastra unica che li tiene in sede.

PT (Pressure Tufting)

Filamenti pre-tagliati fusi prima di essere inseriti

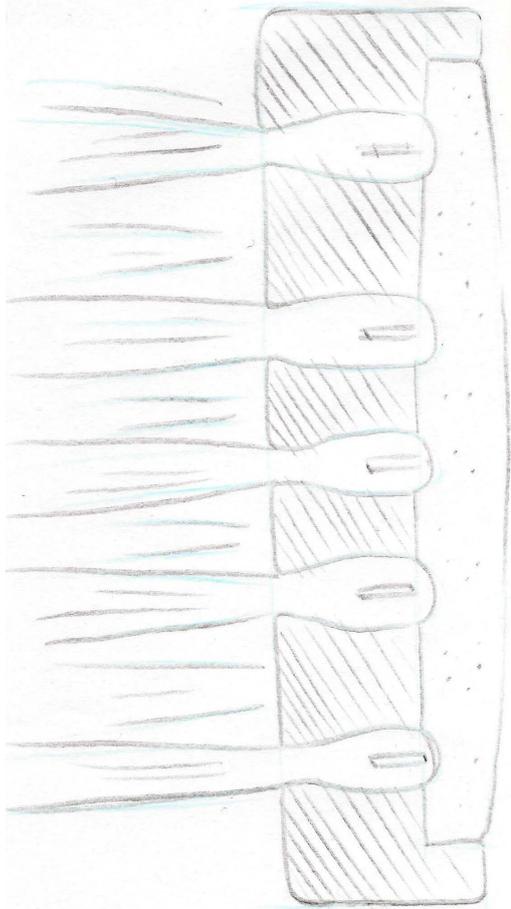
Co-stampaggio

stampaggio di due materiali differenti su uno stesso oggetto

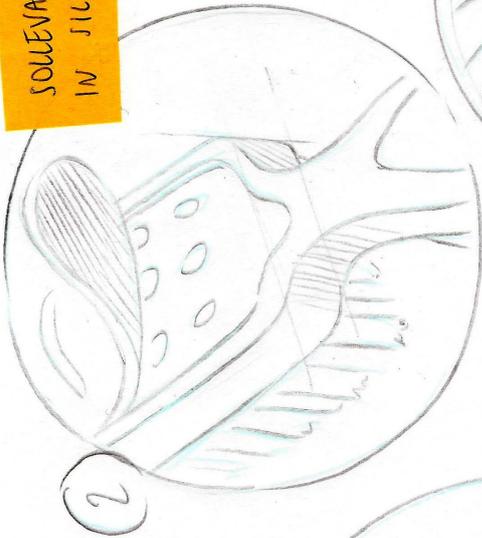
7.2 Concept #01

Questo concept si basa sull'idea di sfruttare un elemento comune in molti spazzolini per migliorare le performance in fase di disassemblaggio, ovvero: la parte in gomma per pulire la lingua. Viene ipotizzato che la testina potrebbe avere i fori delle setole che bucano la testina nella sua interezza così in fase di assemblaggio le setole si sarebbero ancorate alla parte morbida del pulisci-lingua.

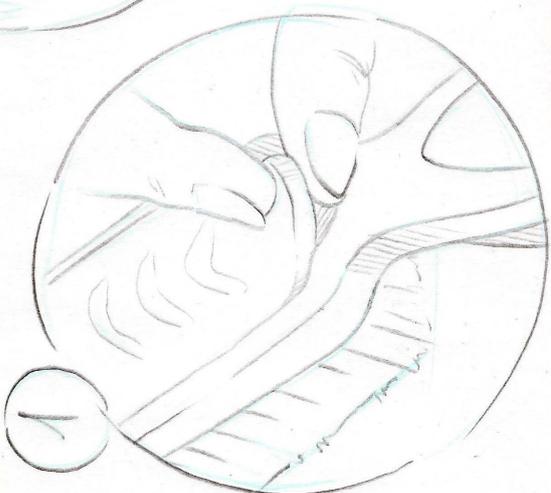
In fase di dismissione le setole si sarebbero potute levare attraverso lo "spellicolamento" del pulisci lingua, facilitato da una fessura posta in prossimità di quella parte per un accesso più agevole del dito.



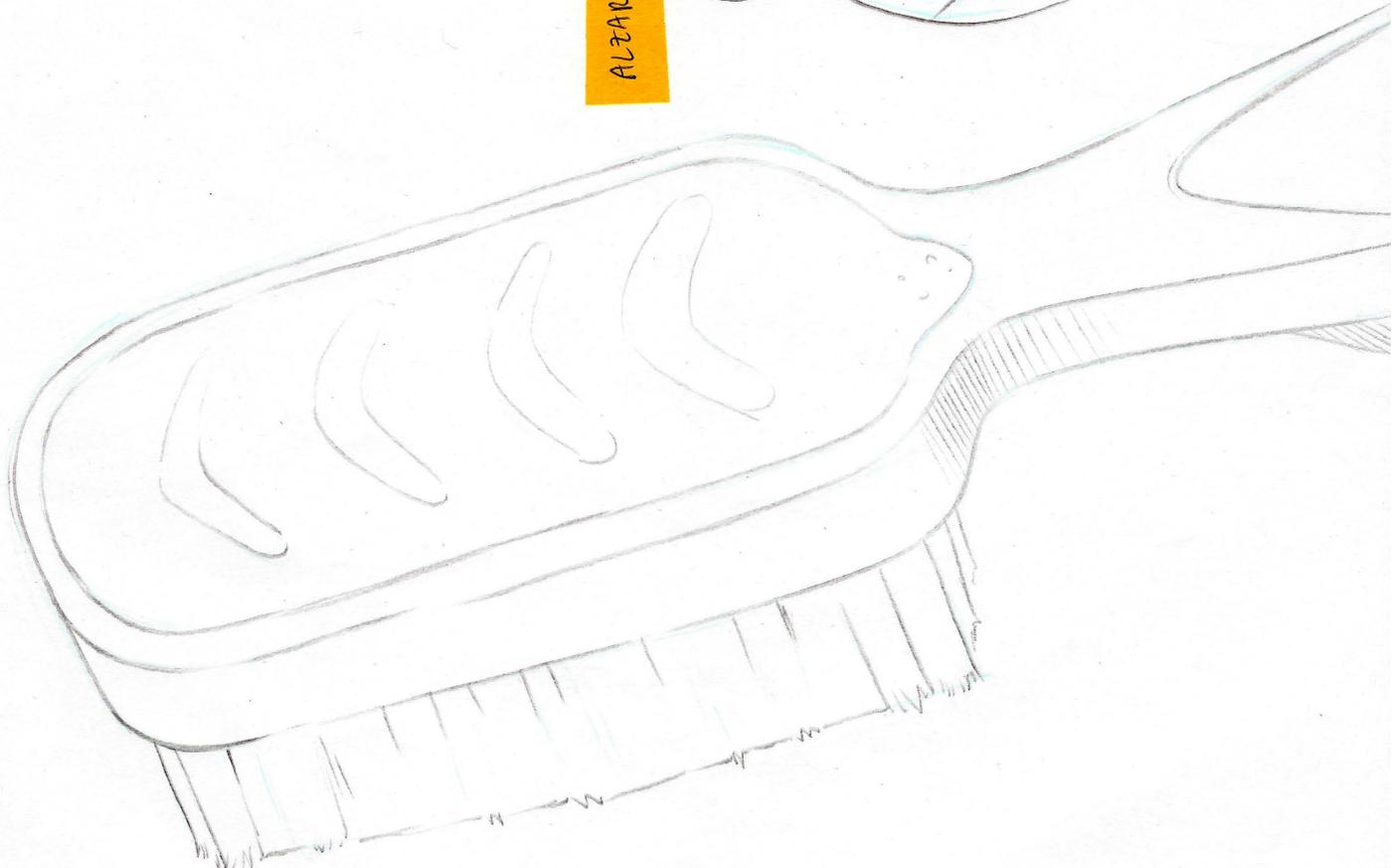
SOLLEVARE LA PARTE
IN SILICONE



ALZARE LA LINGUETTA



SPINGERE LA TESTINA CONTRO
UN PIANO PER FARE USCIRE
LE SETOLE

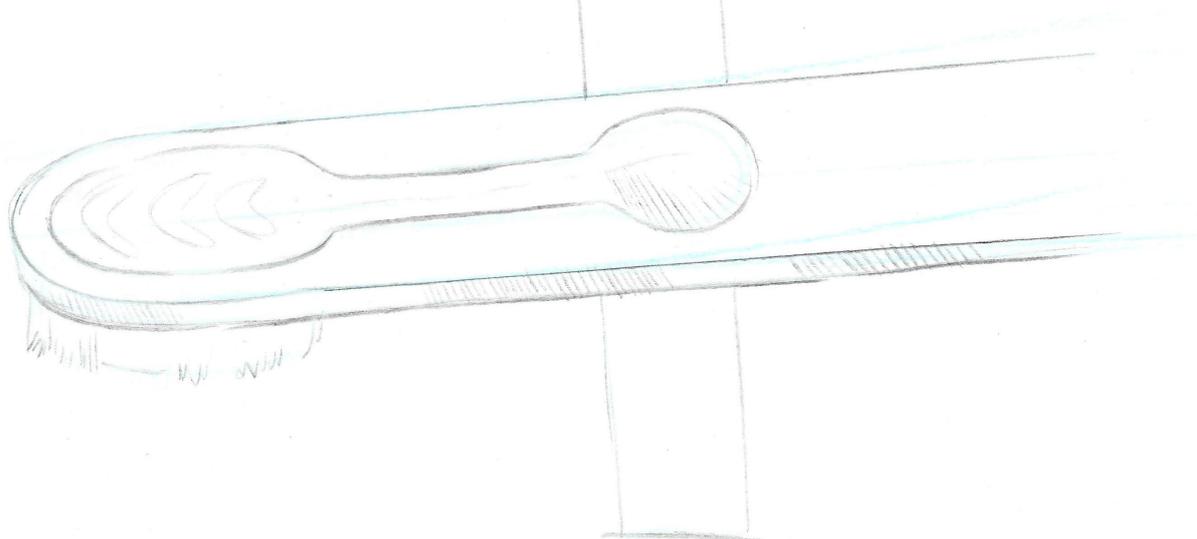
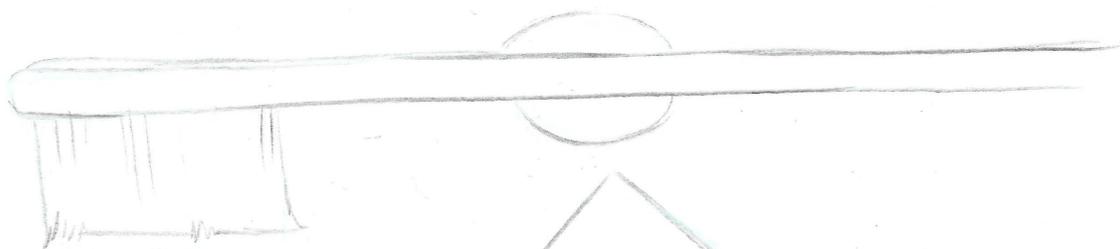
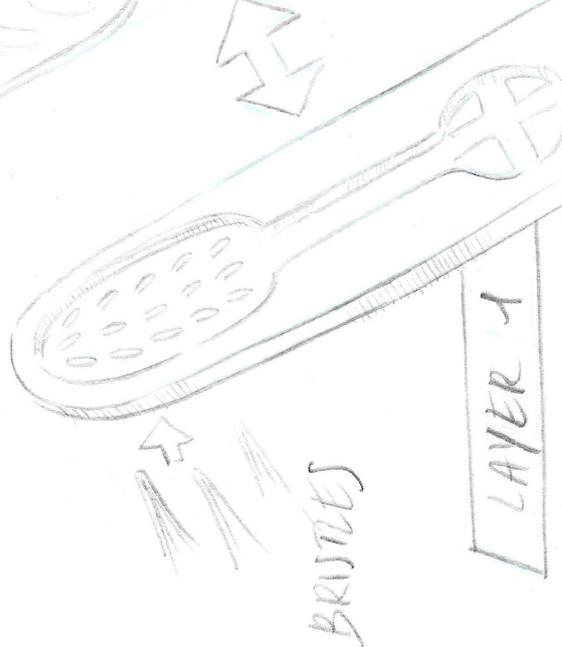
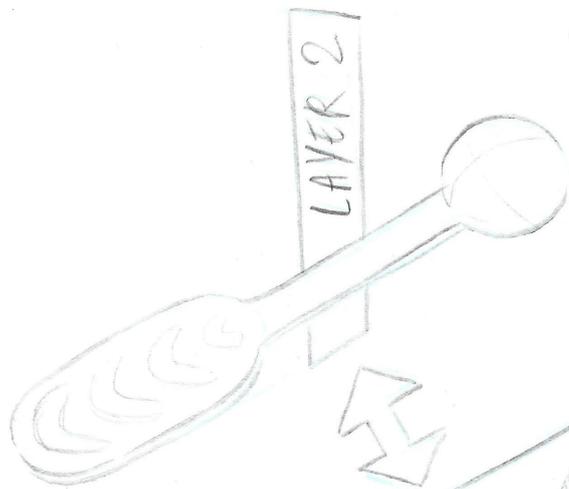
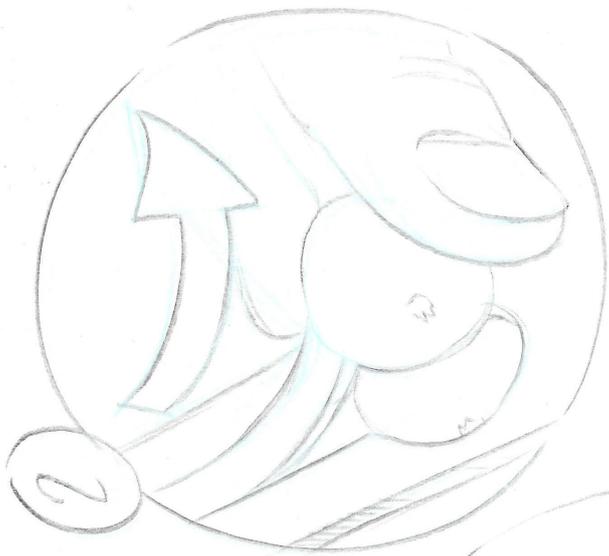


7.3 Concept #02

Il secondo concept ipotizza una variazione rispetto l'interazione che l'utente ha nella fase di disassemblaggio delle setole.

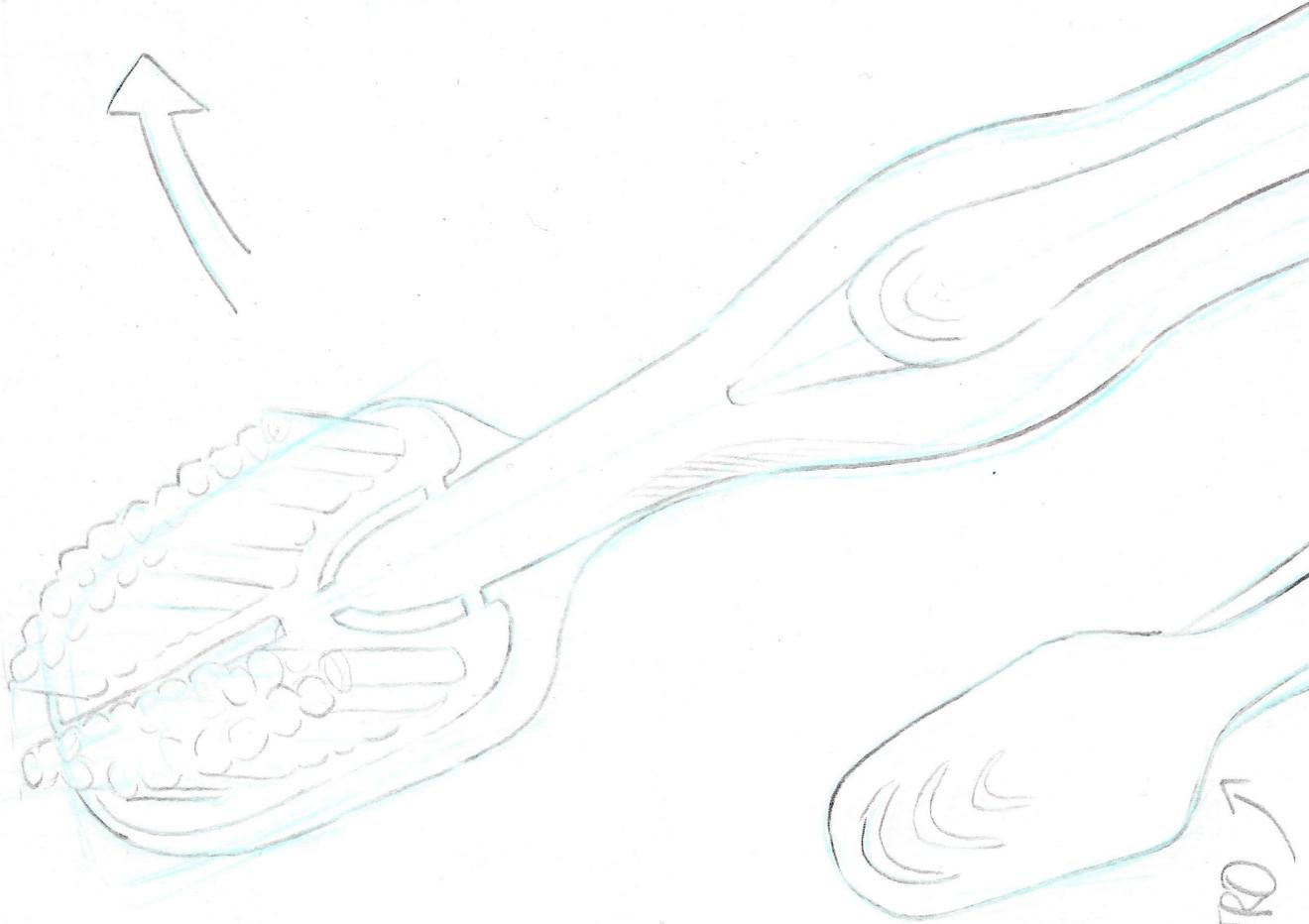
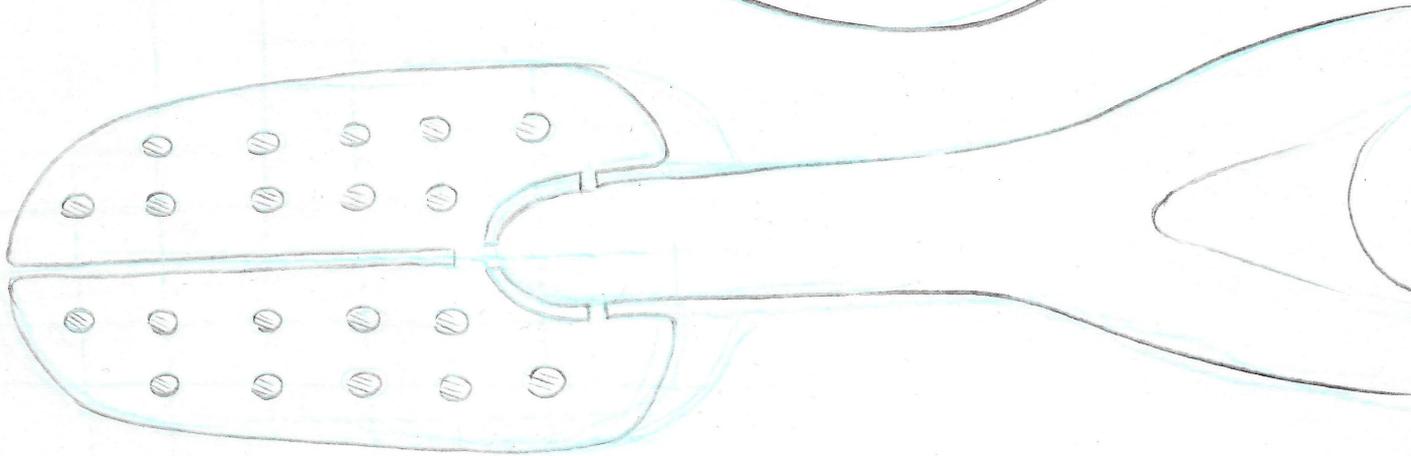
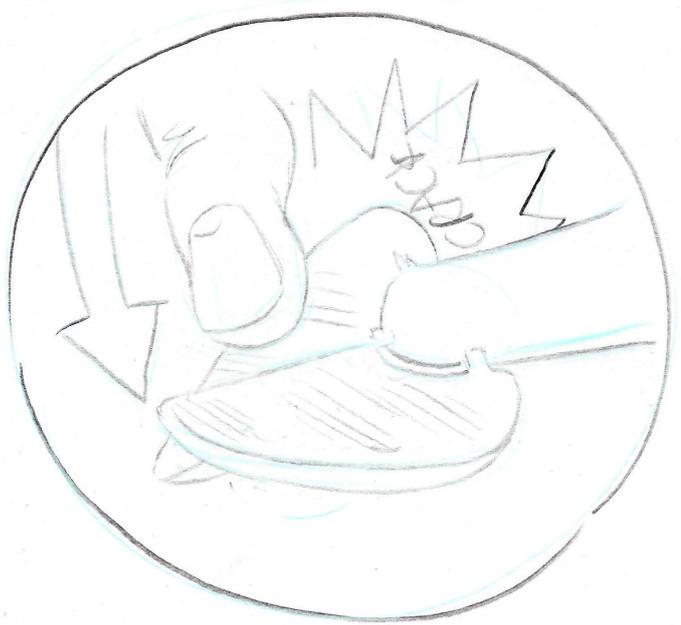
Invece che attraverso l'aiuto di una concavità, l'azione si sarebbe svolta mediante la rottura della parte da gettare esercitando una pressione su di una sfera posta al centro del manico.

Quella stessa sfera poi avrebbe consentito l'eliminazione del pulisci lingua e delle setole, tirandola verso l'esterno.



7.4 Concept #03

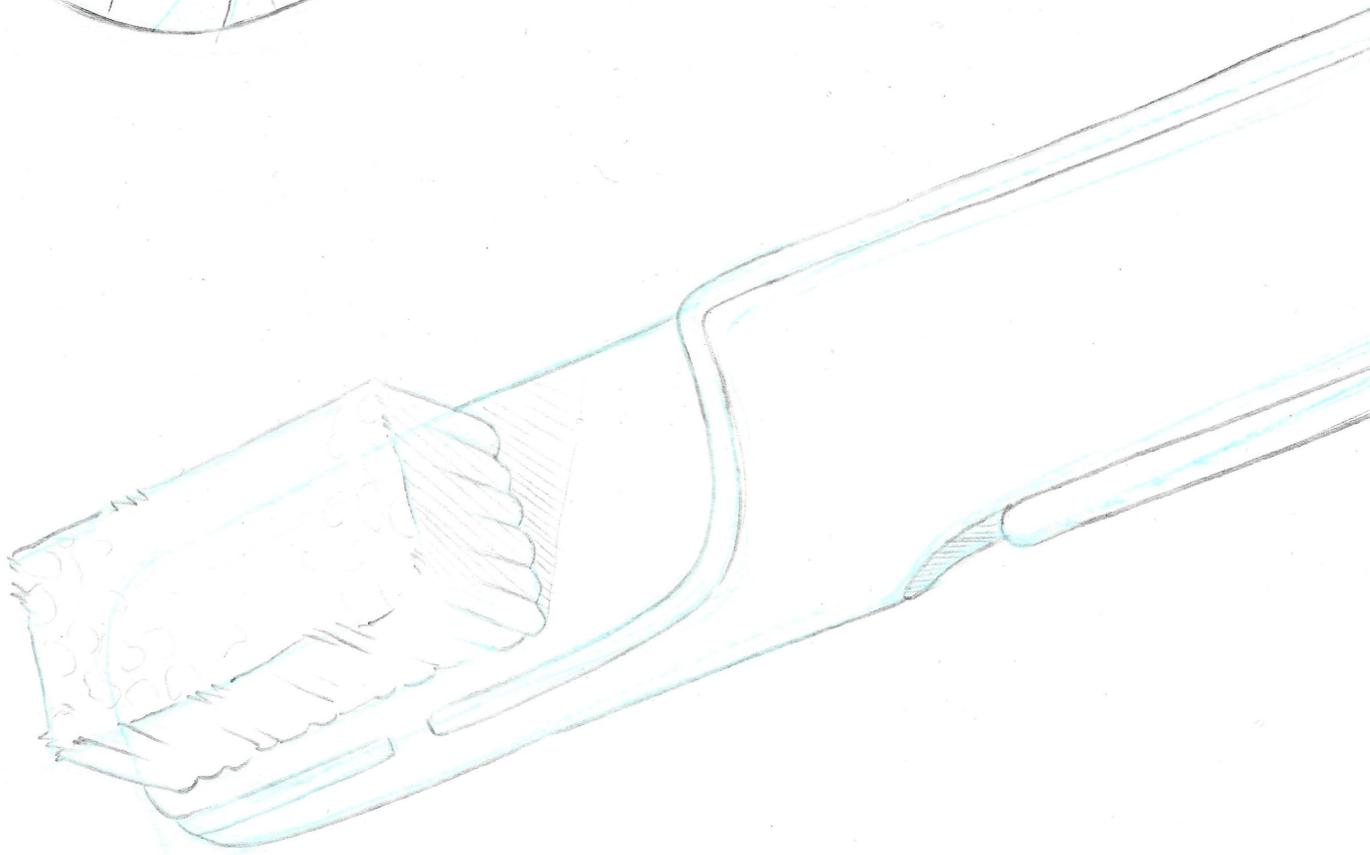
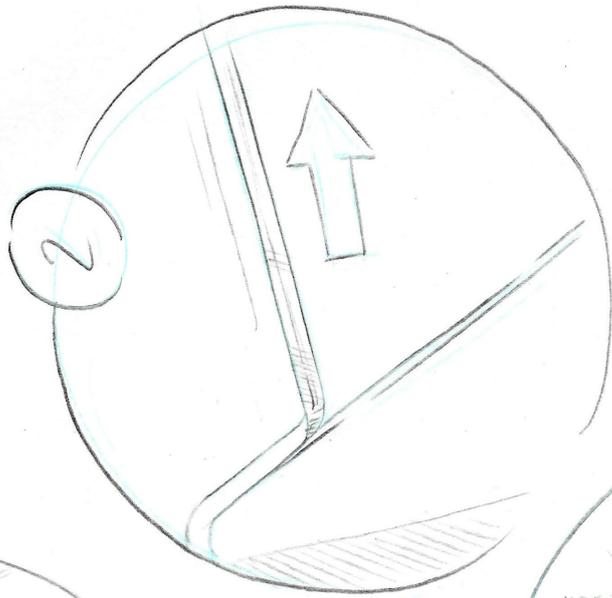
Anche questo concept abbraccia la tecnica del rompere una parte per ottenere la separazione degli elementi da riciclare. Questa volta però l'eliminazione della parte morbida avrebbe indebolito la struttura della testina, tenuta da sottili ponti al manico. Successivamente sarebbe bastato esercitare pressione sulle due parti della testina per separarle dal manico. Differentemente dai concept precedenti, le setole vengono gettate insieme alle due parti di testina e non vengono separate.



RETRO ↗

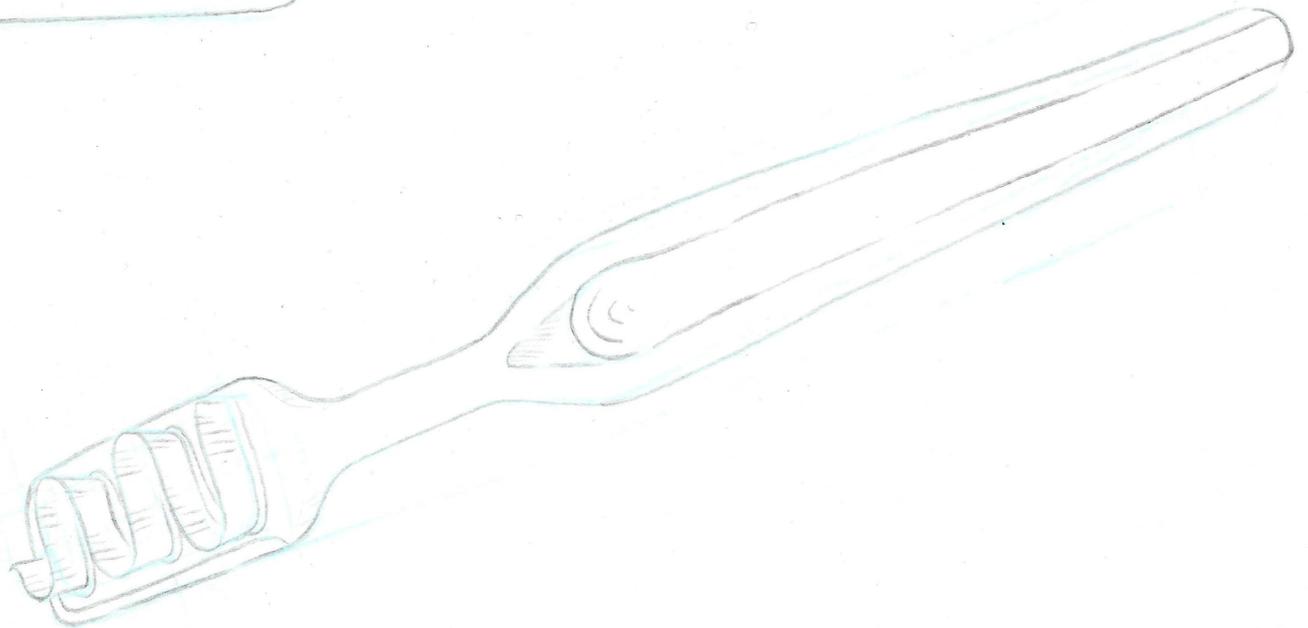
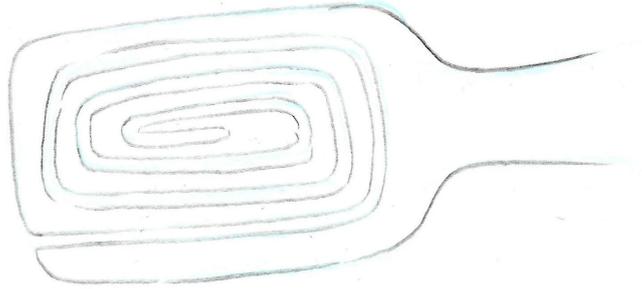
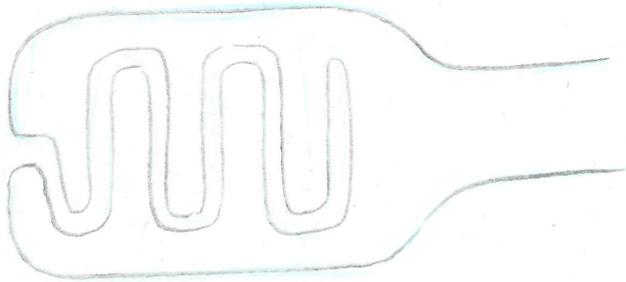
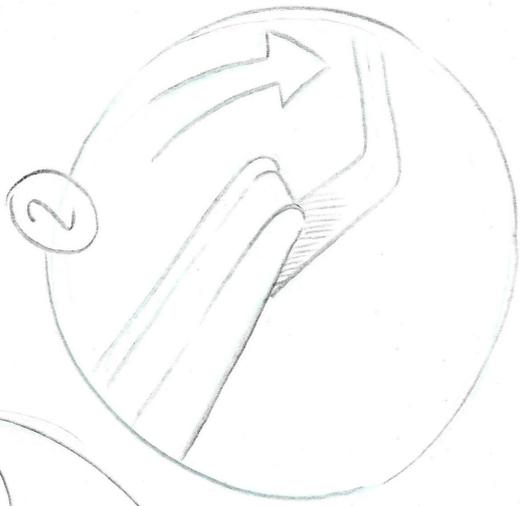
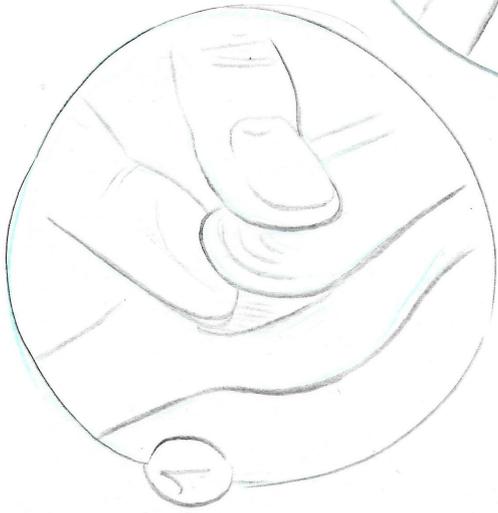
7.5 Concept #04

Questo concept è un'evoluzione del concept 02 e 03. Una linguetta posta su di un lato del manico è il punto iniziale da cui parte il disassemblaggio. La linguetta viene tirata fino ad arrivare alla testina, la separazione della parte in grip avrebbe scoperto i ponti che collegano la testina al manico ed esercitando una pressione nella parte più ampia della settina in prossimità delle setole sarebbe avvenuta la rottura e separazione della testina.



7.6 Concept #05

Questo concept è uno dei primi a ipotizzare l'uso della tecnologia AFT per ancoraggio delle setole alla testina. In questo caso è presente un'unica lunga setola ancorata sul grip ricoprendo il perimetro della testina seguendo un andamento a "labirinto". L'azione dello "spellicolare" il grip con un solo movimento avrebbe portato l'eliminazione graduale della setola.



7.7 Concept #06

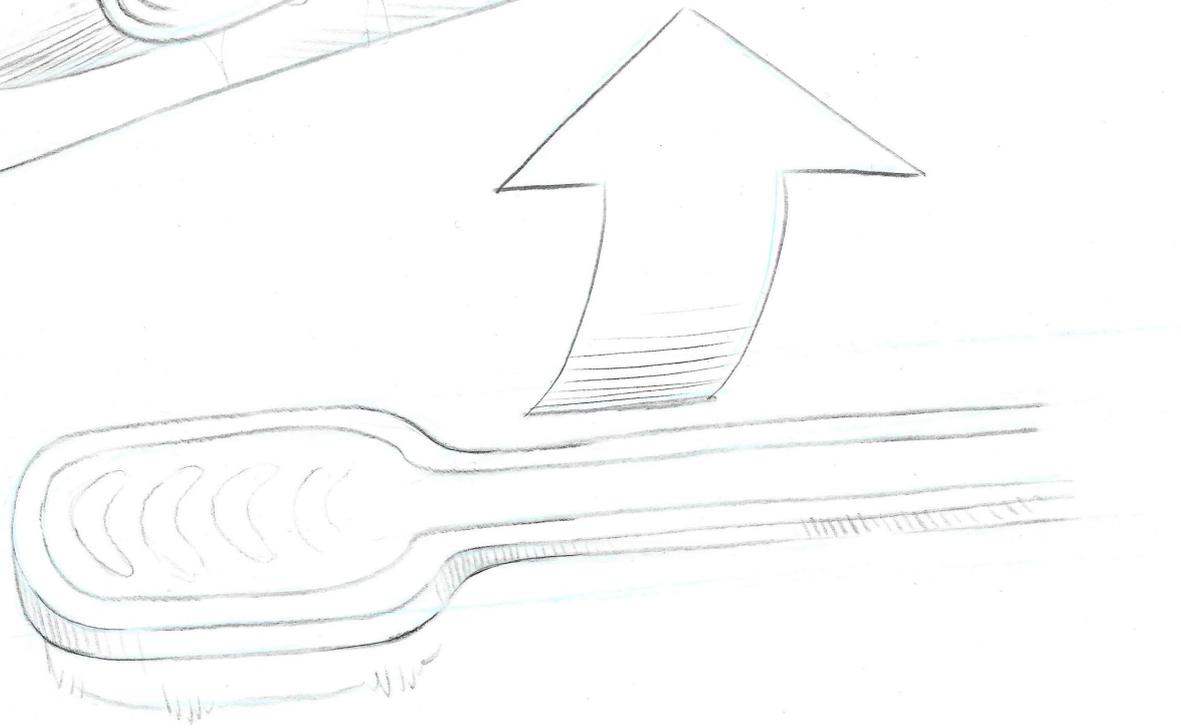
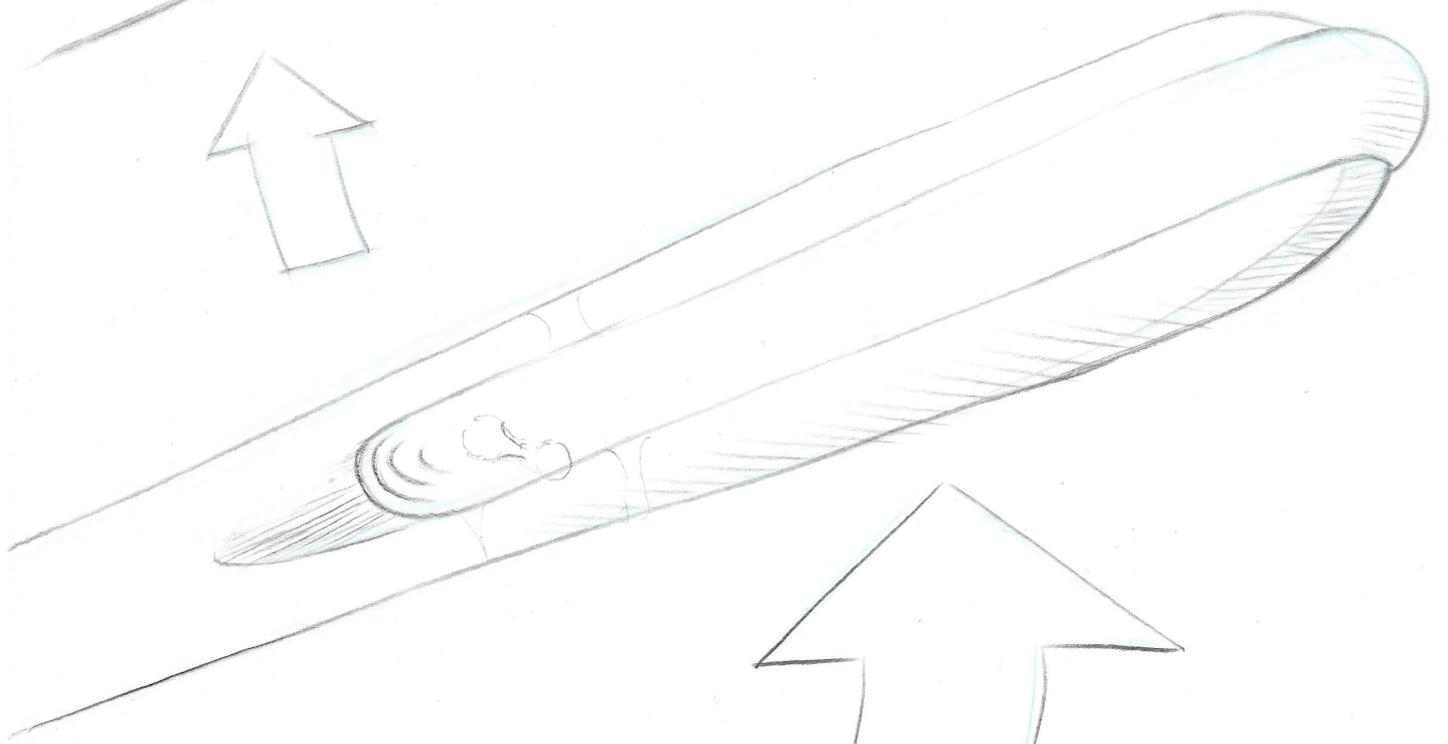
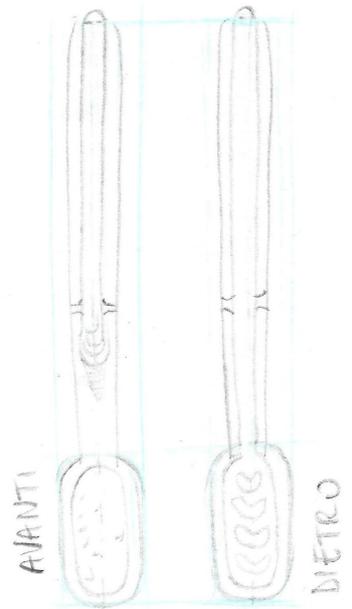
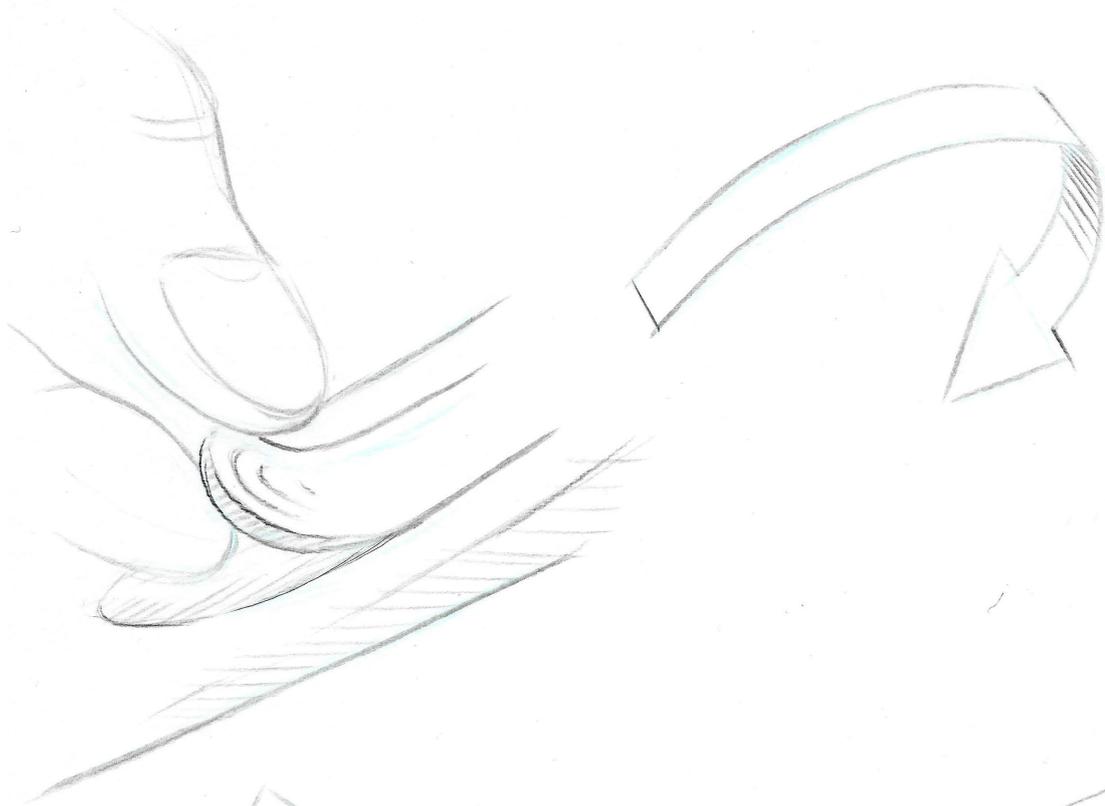
In questo concept è stata ipotizzato l'utilizzo della tecnologia PT per l'ancoraggio delle setole. In questo caso il grip avvolge il manico seguendo una spirale. Alla fine è posto un foro per permettere l'accesso al dito e facilitare la presa del grip. Per separare il grip viene intrapresa un azione di "srotolamento" del manico fino alla separazione delle setole come ultimo step.



7.8 Concept #07

Questo concept è l'evoluzione dell'idea precedentemente mostrata. Si è scelti di semplificare l'andamento del grip sul manico per focalizzarsi sull'interazione dell'utente.

La parte che dà il via all'azione del disassemblaggio è posta al centro.

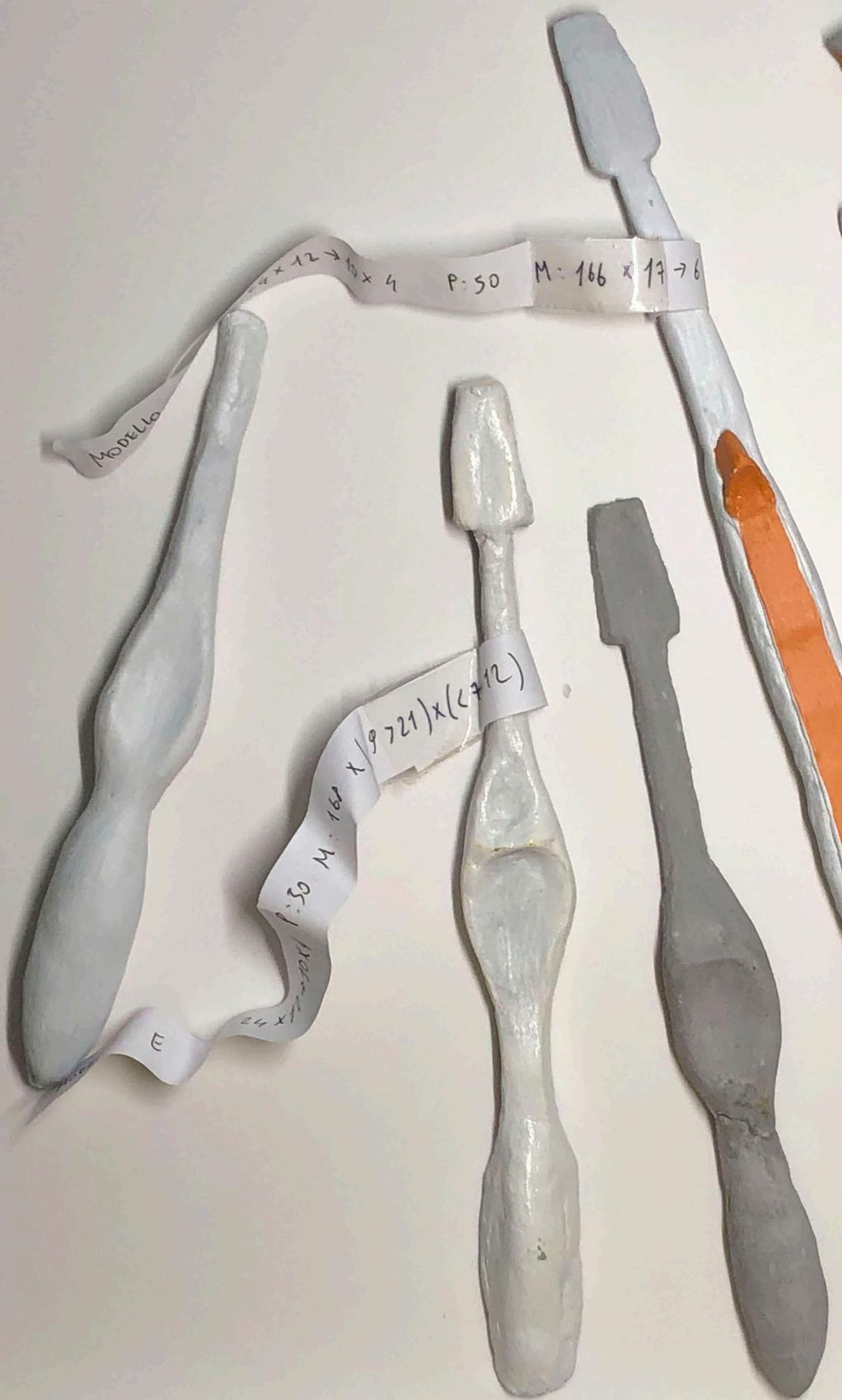


7.9 Modelli di studio

In concomitanza con la fase dei concept c'è stata la fase dello studio delle forme attraverso l'utilizzo di modelli di studio. Sono stati creati circa 15 modelli di studio, ognuno ha aiutato a capire quale fosse la forma più ottimale a definire ciò che sarebbe stato poi il modello definitivo. Verranno documentati di seguito tutti i modelli svolti.







Modello

$4 \times 12 \rightarrow 10 \times 4$ P-50 M: 166 $\times 17 \rightarrow 6$

$19721 \times (C+12)$
P-50 M: 166 \times

E



8. Ri-Brush



All'interno di questo capitolo mostrerò il risultato ottenuto da tutto il lavoro svolto. Spiegando le tecnologie con la quale è possibile ottenere il risultato sperato e le motivazioni dietro ogni scelta legata al progetto. Seguiranno immagini di render dello spazzolino da denti con eventuali sezioni di dettagli. Verrà anche mostrato un ipotesi di stampo e contro stampo che è stato possibile progettare grazie alle nozioni imparate all'interno dell'azienda Meccaniche Broemi snc. specializzata nella progettazione di stampi per il settore calzaturiero.

8.1 caratteristiche del prodotto

Questo progetto riassume il contributo di tutta la ricerca svolta, unendo le informazioni ricavate dagli studi svolti dal Trinity College alle più moderne tecnologie produttive.

Ri-Brush si propone di offrire una soluzione sostenibile che possa interfacciarsi con il mercato odierno, competendo con gli spazzolini attualmente spacciati per sostenibili.

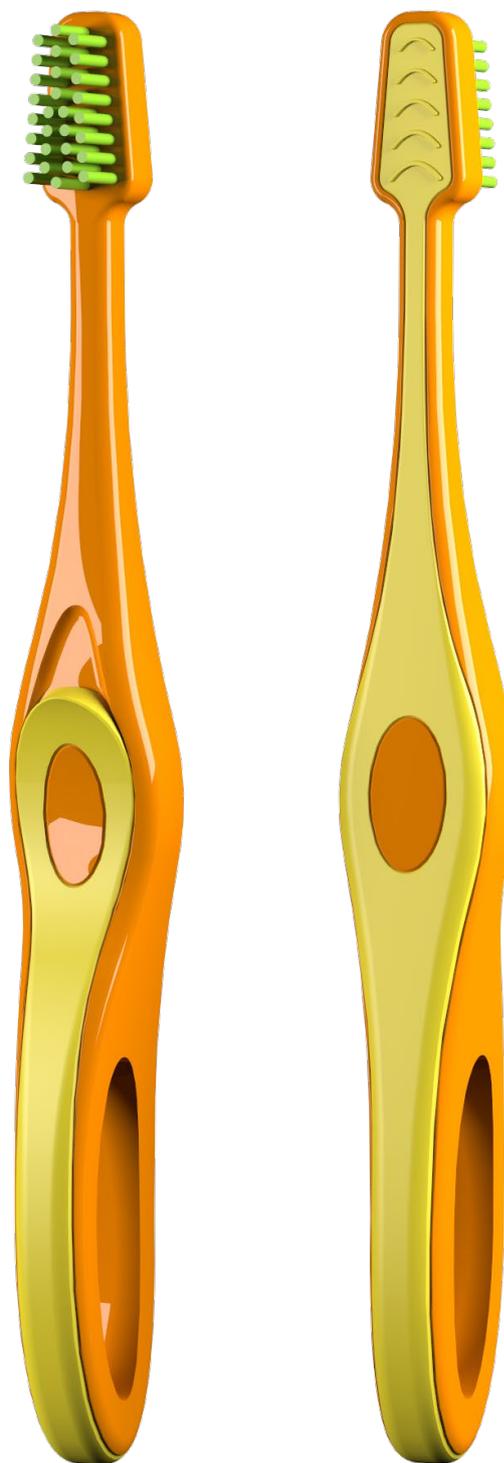
L'intero progetto si basa sull'offrire un prodotto che possa interfacciarsi facilmente in uno schema di riciclo. Il fulcro risiede dietro una progettazione volta al disassemblaggio dove si va ad eliminare l'industrializzazione di questa fase mettendola a carico dell'utente che prima di gettare il prodotto andrà con una semplice azione a separare la parte del grip dal corpo rimuovendo in contemporanea anche le setole.

Ri-Brush segue delle forme che possono adattarsi facilmente alla mano dell'utente. La silhouette può essere divisa in due sezioni: la prima composta dalla parte superiore che comprende la testina e il manico, fino, e compresa, l'ellisse frontale. Questa parte si sviluppa cercando di generare volume in larghezza piuttosto che in spessore ed è pensata per permettere facilmente l'appoggio del pollice che andrebbe a finire esattamente sulla parte finale della linguetta sfruttandone la curvatura. La forma della testina scelta segue quella del "diamante" precedentemente analizzata nel capitolo dedicato all'analisi dello spazzolino nel dettaglio.

La scelta è ricaduta su questa forma poiché è considerata la migliore avendo una parte più stretta che può facilmente raggiungere i molari e offre maggiore precisione durante lo spazzolamento, mentre con il lato più largo permette una copertura completa della parte frontale dei denti.

Le setole sono state ipotizzate in Nylon Du Pont poiché attualmente non ci sono altre valide alternative. Si ipotizza inoltre di optare esclusivamente per setole di tipo extra morbide poiché sono considerate le migliori per evitare il deterioramento dello smalto dentale e il pericolo di ferire le gengive. Questo è stato dimostrato da un recente studio del 2021^[47] che andava smentendo una vecchia ricerca del 2016^[48] che imputava la colpa di irritazioni gengivali e deterioramento dello smalto all'uso di setole di tipo morbido.

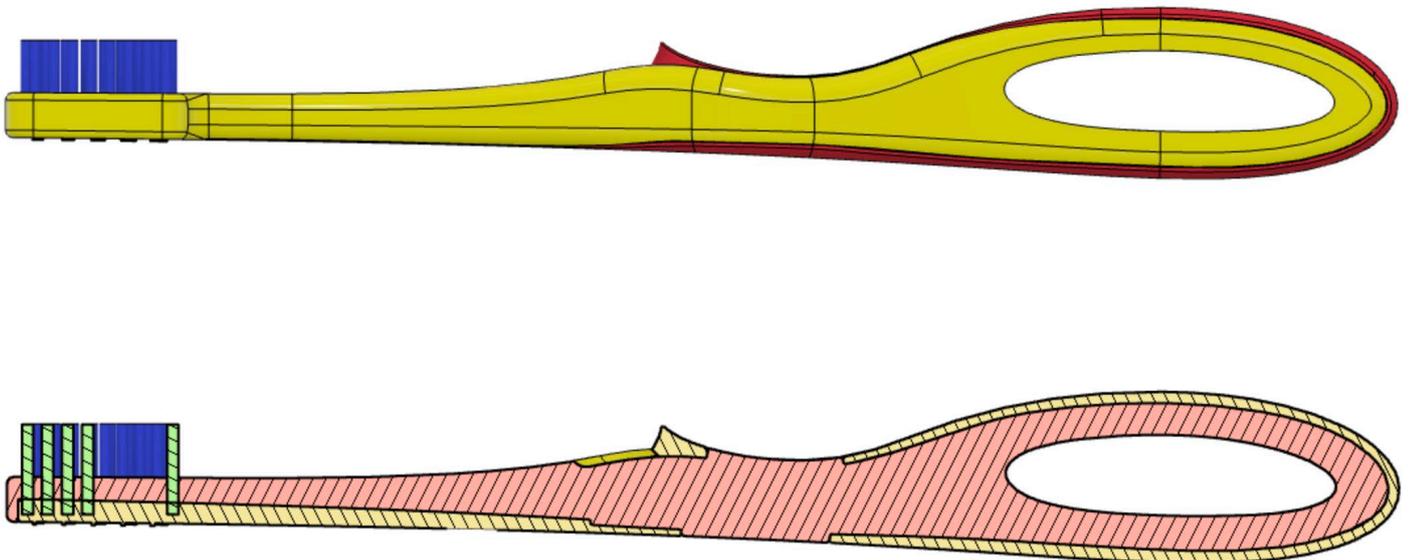
La seconda parte dello spazzolino invece si sviluppa in spessore per permettere una facile presa e un completo avvolgimento del palmo della mano. Lateralmente è presente un foro che attraversa lo spazzolino, questa scelta è stata fatta a fronte dell'elevato spessore raggiunto di quella parte ed è stato il modo per evitare uno spreco di materiale eccessivo che non avrebbe offerto beneficio alle prestazioni; la presenza di un foro può aiutare la stabilità della presa offrendo un punto in più da afferrare per le dita.

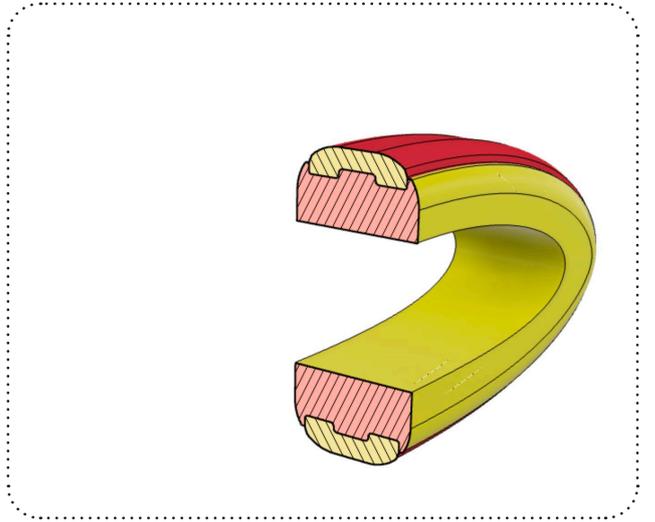
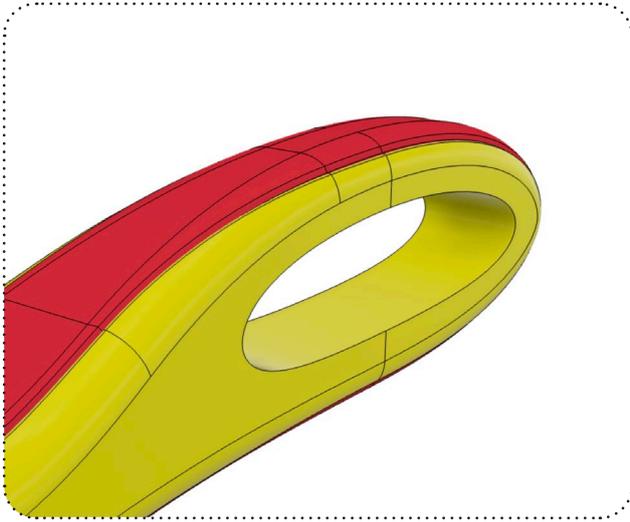
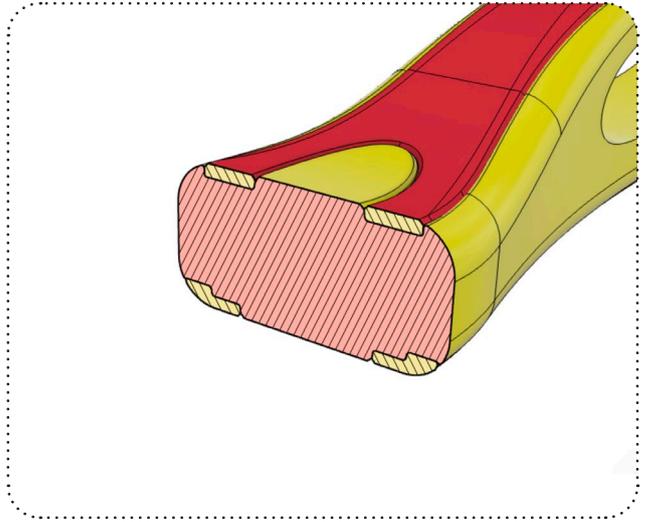
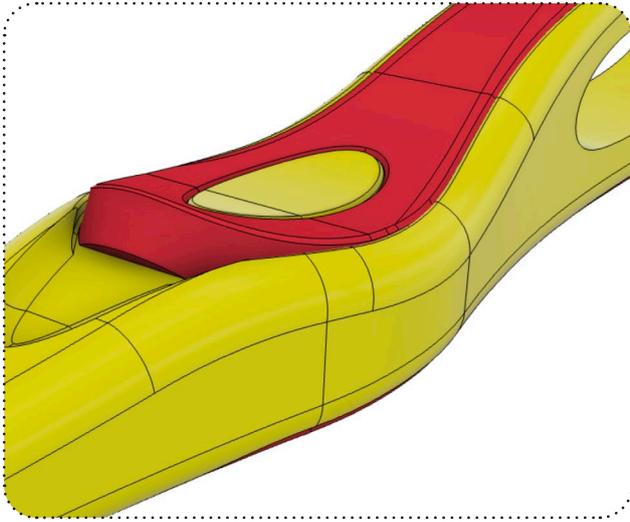
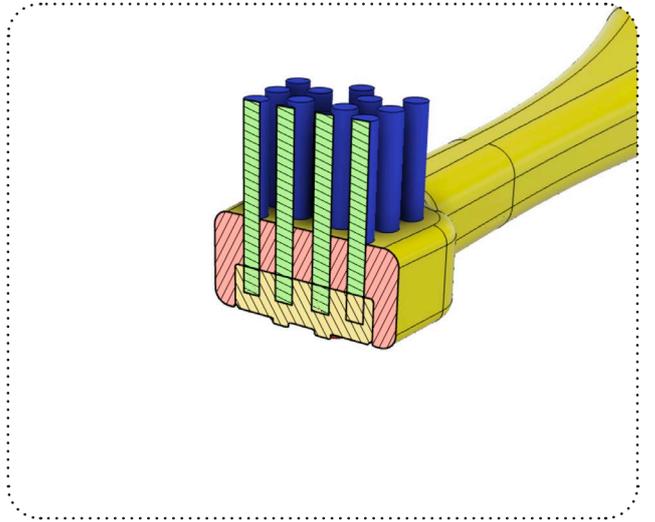
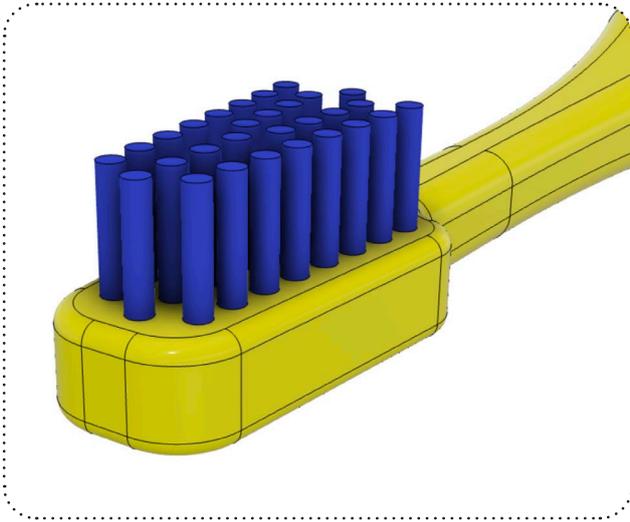


Alla base di questo spazzolino da denti c'è stata una ricerca sulla modulazione degli spessori in base alle necessità dichiarate.

La silhouette in basso mostra la sezione di tutto lo spazzolino. In prossimità delle parti in cui lo spazzolino diminuisce in larghezza, il grip aumenta di spessore per evitare che durante il disassemblaggio si strappi. Il contrario invece nelle parti in cui c'è un perimetro più ampio dove avremo degli spessori inferiori.

Le setole come mostrato nel dettaglio arrivano fino alla parte del grip, ed è esattamente lì che si ancorano.



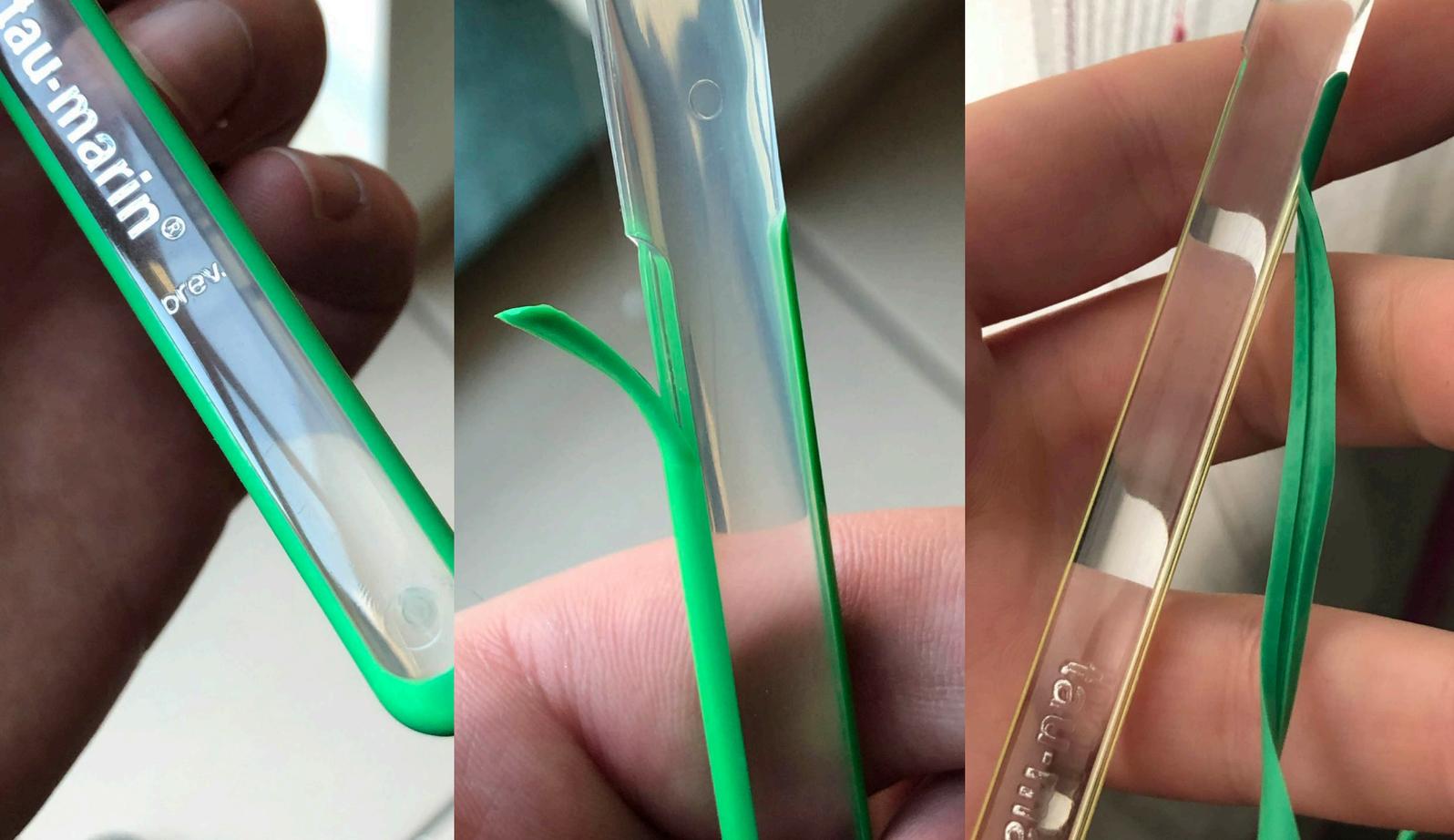


8.2 materiali e tecnologie impiegate

Per quanto riguarda la scelta del materiale per la composizione del progetto si è partiti dalla conoscenza di un caso studio preso in esame durante lo sviluppo del progetto.

Questo caso studio è stato molto importante per identificare delle possibilità poco note riguardo la tecnica del co-stampaggio.

Generalmente il co-stampaggio è una tecnica considerata in maniera negativa nel mondo della progettazione sostenibile poichè appunto crea legami tra due materiali differenti rendendo vani qualsiasi ipotesi di riciclo, indifferentemente se uno dei due o entrambi siano riciclabili. Infatti una volta combinati vanno considerati come un unico materiale che non può essere riciclato poichè i due materiali di partenza, per quanto compatibili, non avranno le stesse proprietà chimiche; andando quindi a performare in maniera negativa nella fase di dismissione. Non è un



caso che questa tecnica sia molto usata nel mondo degli spazzolini da denti visto e considerato che la maggior parte di loro non potrà essere ugualmente riciclato per via delle setole con gli innesti metallici sulla testina.

Nel corso della ricerca però ci si è imbattuti in un caso studio interessante: Lo spazzolino prodotto da Tau-Marin.

Tau-Marin è un'azienda italiana storica che sviluppò lo spazzolino in esame con il designer Gabriele Stocchi, negli anni 70. La peculiarità di questo spazzolino stava nel taglio delle setole. Ciò che si è trovato interessante oltre a questo è il co-stampaggio dello spazzolino. La parte morbida, esercitando inizialmente un pò di forza per staccare il primo lembo, può essere successivamente rimossa senza troppa difficoltà, non lasciando residui sul manico e senza che il grip si strappi.

Probabilmente non è stata una cosa progettata,

dato che non risulta in nessuna comunicazione legata al prodotto.

Dopo un'attenta valutazione si è identificati alcuni fattori che hanno agevolato questo risultato:

Levigatura dello stampo: lo stampo da cui proviene il manico deve essere stato molto levigato per permettere al manico di uscire con una finitura molto lucida rendendo la superficie meno porosa.

Compatibilità dei materiali: i materiali scelti devono aver avuto una scarsa compatibilità chimica tanto da non crearsi un legame chimico in fase di stampaggio rendendo possibile la separazione delle due parti.

Si è ipotizzato che Tau-marin abbia usato un acetato per il manico e un EPDM per il grip.

Questo studio è stato molto utile per lo sviluppo

dei concept iniziali.

Il prodotto quindi per permettere un risultato simile a quello ottenuto nello spazzolino Tau-marin, dovrà avere dei materiali che in fase di stampaggio non creano un legame chimico.

Si è ipotizzato l'uso di materiali poco compatibili tra loro.

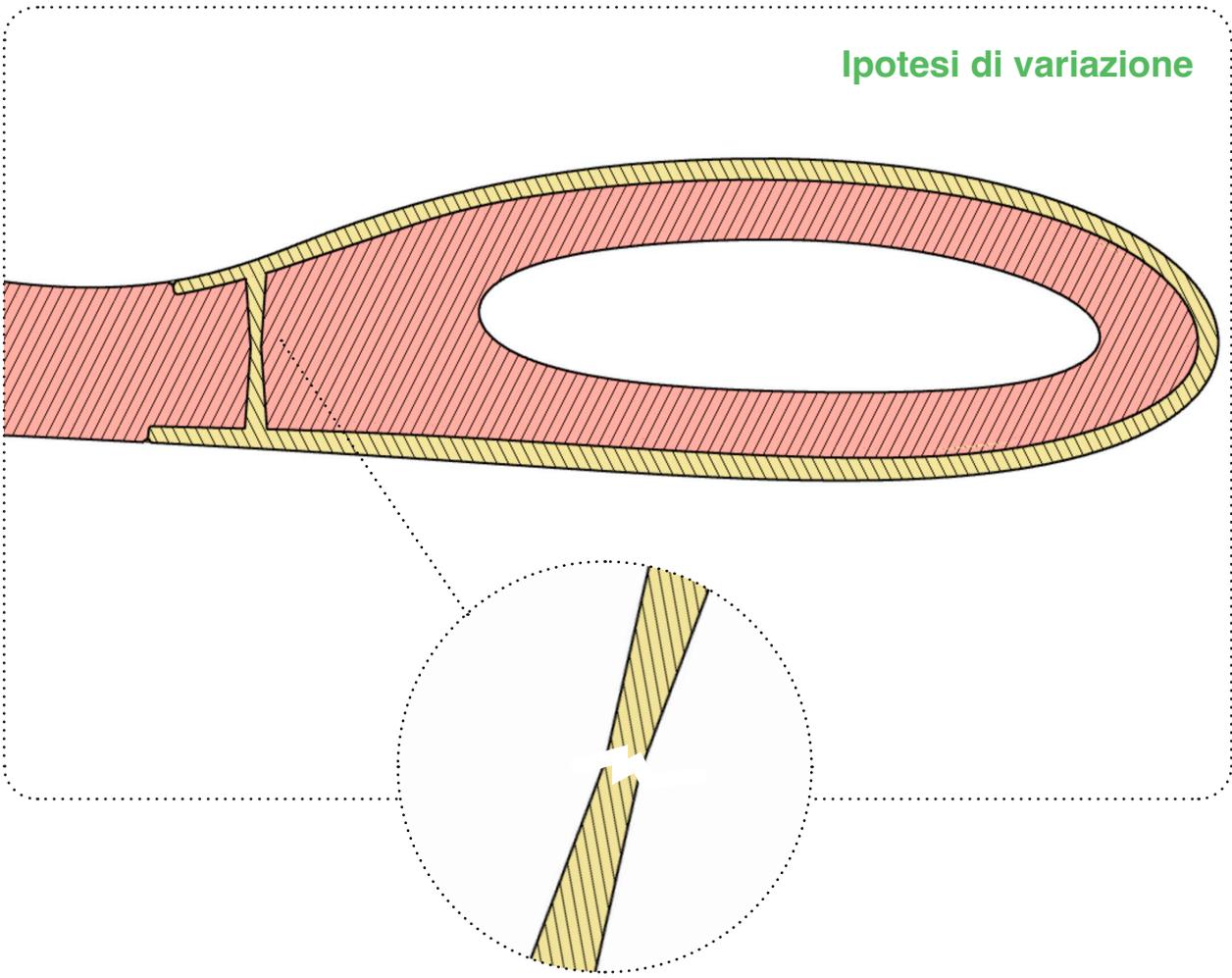
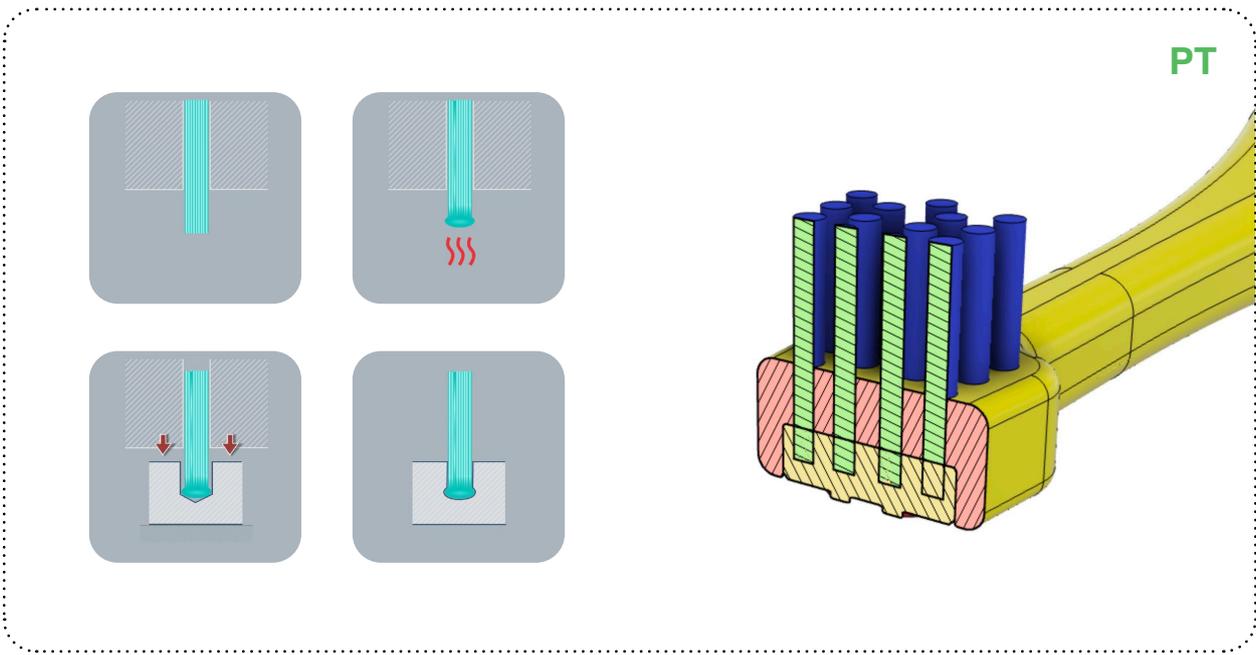
I due materiali in questione sono il PS e il TPE-U. [49]

Per quanto riguarda la tecnologia dell'innesto setole si è optato per la PT di cui si è parlato in maniera approfondita nel capitolo dedicato alle tecnologie di innesto setole. Questa è l'unica tecnologia che si adattava permettamente alle necessità di progetto. Le setole vengono saldate

direttamente sulla parte morbida (riposta in sezione nell'immagine affianco) senza l'ausilio di ulteriori parti metalliche o di dover dividere la testina di due scocche distinte, nel caso della tecnologia ATF.

Nell'ipotesi che il legame tra la parte rigida e quella morbida sia troppo debole si è ipotizzato una variante con dei "ponti" interni passanti che legano ulteriormente la parte del grip superiore con quella inferiore. I ponti poi nella fase di dismissione si staccerebbero andando a tirare la linguetta. Un esempio della sezione è proposta nell'immagine della pagina affianco in basso.

Material combinations	ABS	ASA	CA	EVA	PA 6	PA 6.6	PBT	PC	PE	PET	PMMA	POM	PP	PPO mod.	PS	PSU	Plasticised SAN	TPE-A	TPE-E	TPE-S	TPE-U	TPE-V	EPDM	NR/SBR	SBR	LSR
ABS																										
ABS/PC																										
ASA																										
CA																										
EVA																										
PA 6																										
PA 6 (mod. + 25 % GF)																										
PA 6.6																										
PA 6.6 (mod. + 25 % GF)																										
PA 6.12																										
PA 12 (mod. + 25 % GF)																										
PBT																										
PC																										
PC/PBT																										
PE																										
PET																										
PMMA																										
POM																										
PP																										
PPO mod.																										
PPE mod.																										
PS																										
PSU																										
Rigid PVC																										
SAN																										
TPE																										
TPE-E																										
TPE-U																										
D																										
BMC																										
EPDM																										
NR																										
SBR																										
LSR																										



8.3 strategia d'innovazione in chiave ambientale del prodotto: il disassemblaggio

Questo spazzolino ha come peculiarità la scelta di adottare una strategia di disassemblaggio e applicarla a un oggetto mono-uso.

Il disassemblaggio a carico dell'utente risulta una scelta vincente poiché, oltre ad eliminare una fase industrializzata (ciò significa che non ci saranno le emissioni derivate da questa fase), rende estremamente conveniente la strategia del riciclo del prodotto;

come si è già visto nello studio LCA del Trinity College, uno spazzolino che adotta uno schema di riciclo risulta essere il più performante in termini ambientali rispetto a tutti gli altri spazzolini presi in esame nello studio (compreso lo spazzolino in bamboo). In quell'analisi lo spazzolino che usava uno schema di riciclo aveva a carico anche la fase di disassemblaggio. Questo rende, a livello teorico, il progetto sviluppato ancora più performante in termini ambientali ri-

spetto allo spazzolino che fa uso di uno schema di riciclo, poichè appunto va sottratta la fase industriale di disassemblaggio del prodotto.

l'80% del prodotto può essere ricilato, ciò equivale a circa 18 g su 23g (peso totale). Il grip con le setole equivalgono a circa 5g che verranno gettati nell'indifferenziabile.

Lo spazzolino Biorepair mostrato sulla destra ha un peso di circa 22g, ciò significa che nel caso di questo spazzolino, 22g è il peso che andrà nell'indifferenziata.

Attualmente si è previsto, come già specificato, l'uso di PS per il manico e TPE-U per il grip. Non è chiaro se questa variante di TPU possa essere riciclata e in che modo può essere accolta nell'odierno sistema di riciclo. In ogni caso non viene escluso l'utilizzo di materiali diversi che ne permettano un riciclo del 100% piuttosto dell'attuale 80%.

Il problema principale sono le setole in Nylon che attualmente non hanno dei sostituti validi riciclabili. In linea teorica, il nylon può essere riciclato, di fatto viene trattato come un rifiuto non riciclabile probabilmente perchè la sua processazione è ancora poco conveniente.

Per ottenere un tasso di riciclo tendente al 100% le strade da intraprendere potrebbero essere due:

- L'uscita in commercio di un alternativa al nylon che sia facilmente riciclabile e la sua adozione.
- L'integrazione di un ulteriore step nella fase di disassemblaggio che permetta facilmente la separazione delle setole dal grip.



8.4 fasi del disassemblaggio del prodotto

Dopo che la sua funzione primaria si esaurisce e quindi è ora di cambiare lo spazzolino bisogna procedere come nelle figure affianco. Possiamo riassumere i passaggi in questo modo:

1. Avvicinare il dito alla sporgenza interna della linguetta, sfruttando l'incavo posto nella prossimità dell'eccedenza. Fare un po' di leva fino a che la linguetta non inizia a staccarsi.

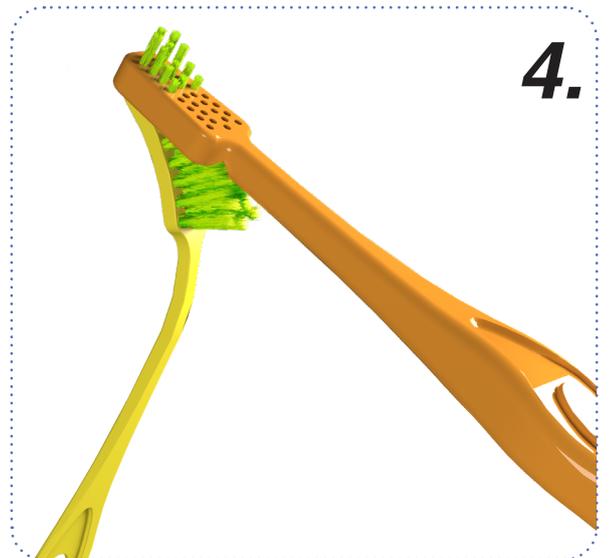
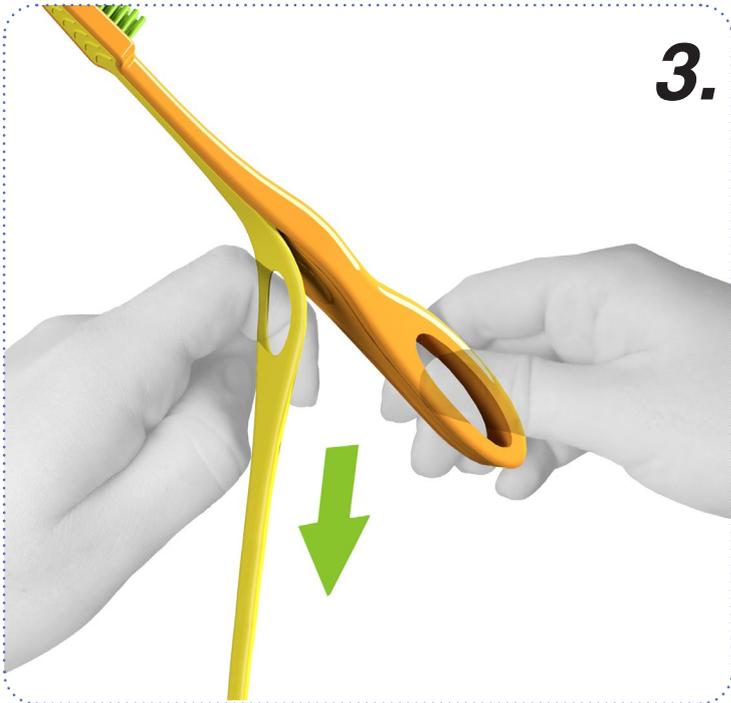
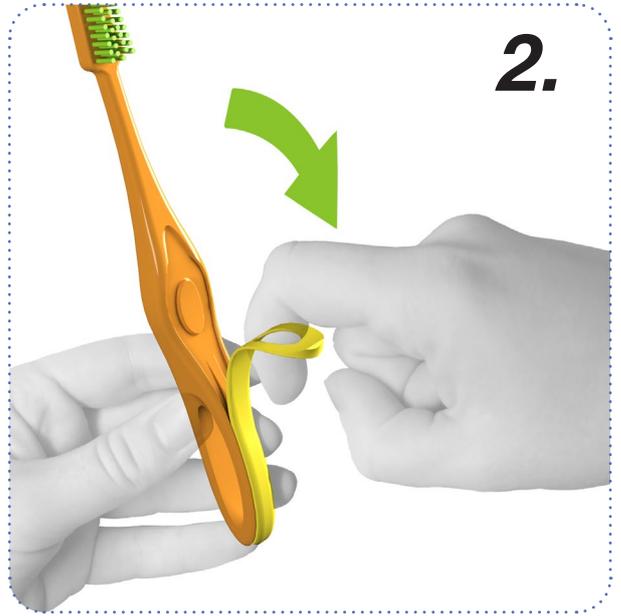
2. Una volta che la linguetta si è staccata abbastanza da liberare l'ellisse, sfruttare il foro per inserirci il dito e continuare lo spellicolamento dello spazzolino fino al secondo foro.

3. A questo punto sfruttare il nuovo foro liberato per continuare a spellicolare lo spazzolino fino ad arrivare alla testina.

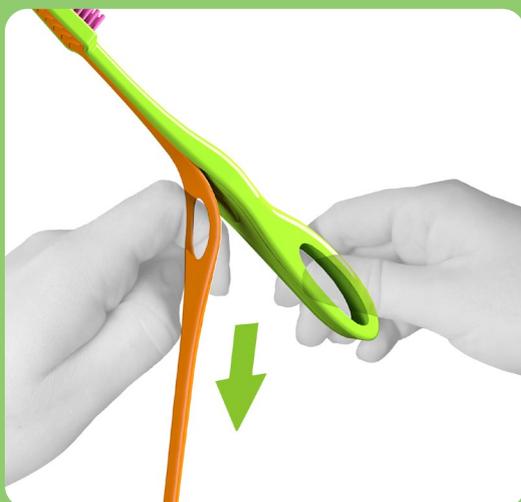
4. Arrivati alla testina continuare a spellicolare fino a che il grip non si stacca completamente dallo spazzolino liberando di conseguenza anche le setole.

A questo punto si potrà procedere al riciclo dello spazzolino come di seguito:

il manico nella raccolta della plastica;
il grip con le setole nell'indifferenziata.



RI- CICLAMAMI





RACCOLTA
DELLA PLASTICA
18 g



INDIFFERENZIATA
1 g



RACCOLTA
DELLA PLASTICA
4 g

**PUOI RICICLARE IL 95%
DEL SUO PESO**

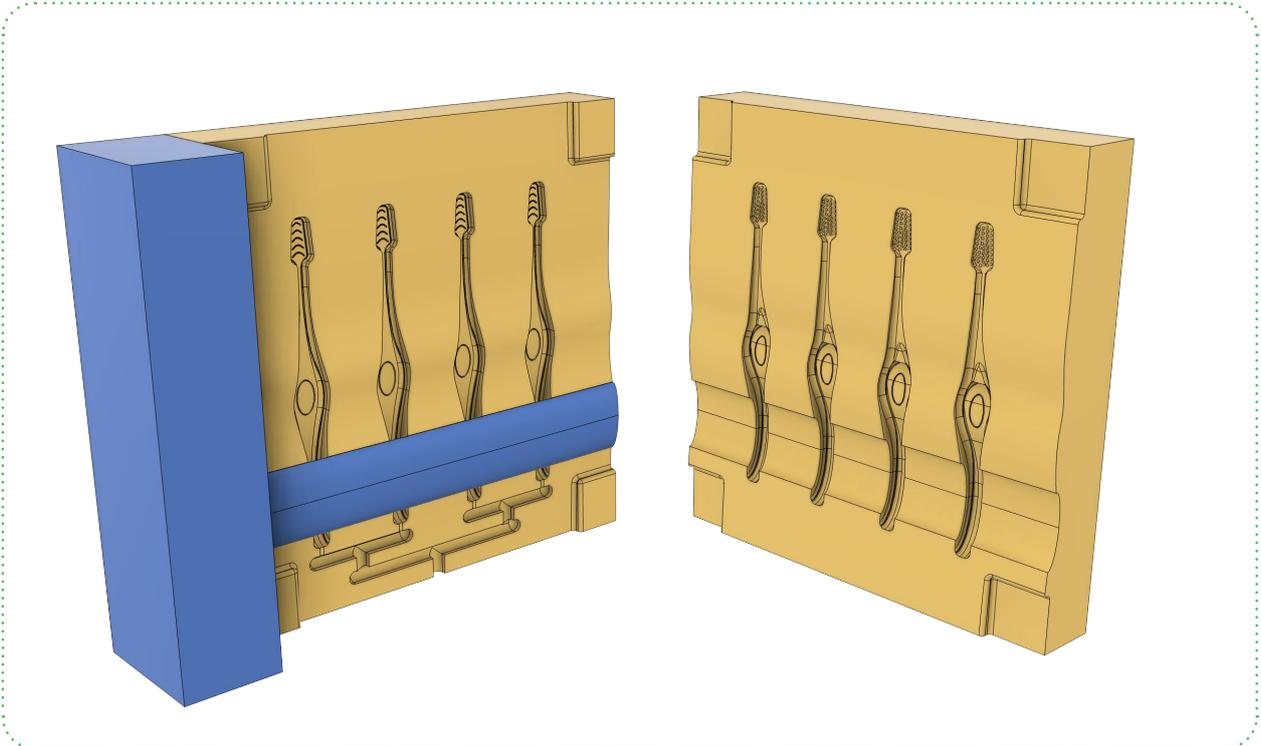
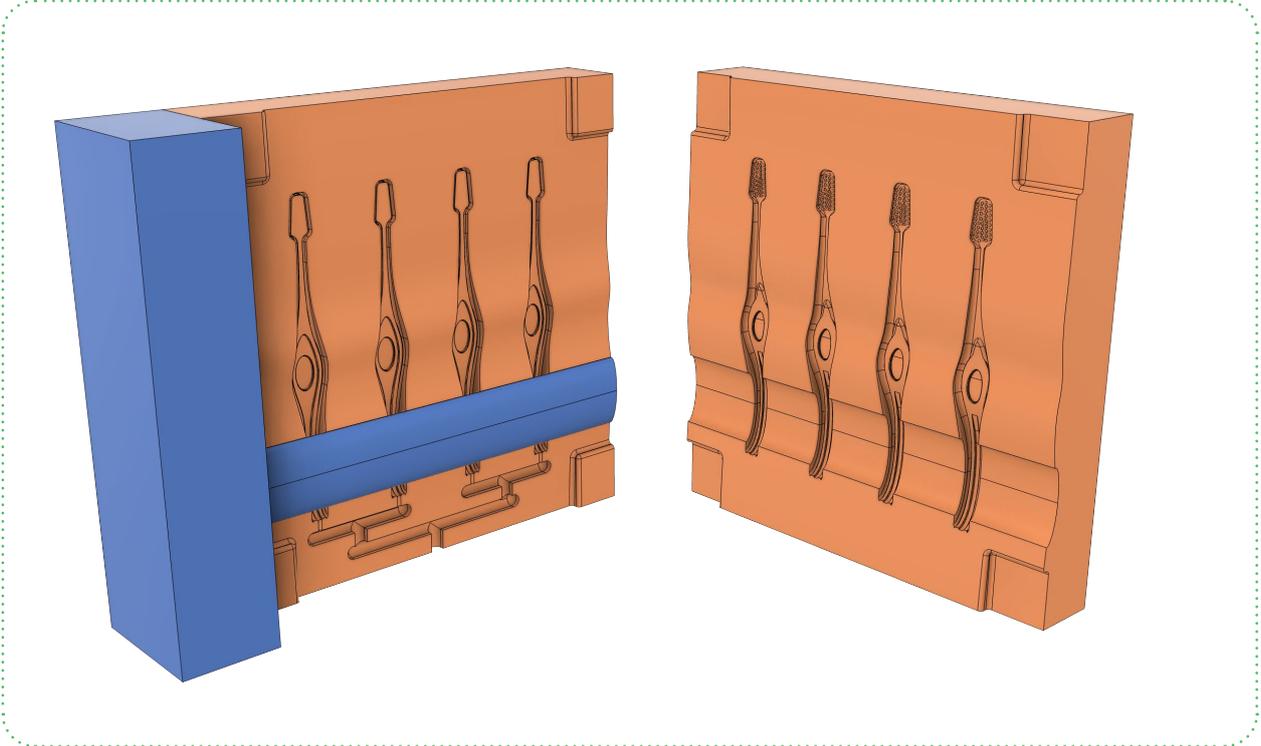
8.5 sviluppo stampo per stampaggio a iniezione

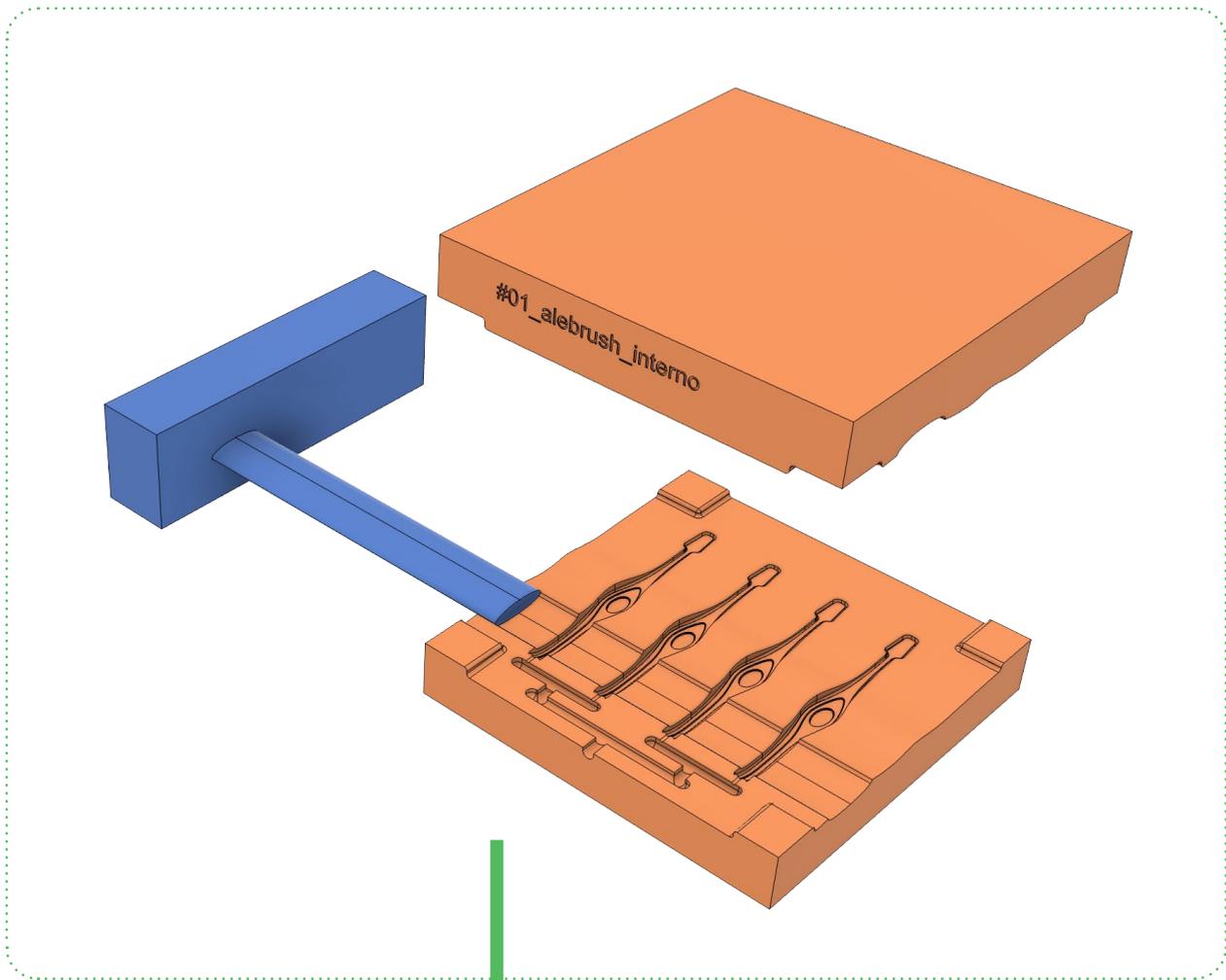
Di seguito verrà mostrata un esempio dello stampo necessario per produrre il progetto. Sono necessari due stampi:

Il primo (in arancio): è quello per produrre tutta la parte rigida di cui è composto lo spazzolino;

Il secondo (in giallo): è quello che andrà a creare la parte morbida del grip attraverso l'azione del co-stampaggio. All'interno dello stampo verrà posizionato il gruppo di spazzolini ottenuto dal precedente stampaggio e iniettato del nuovo materiale.

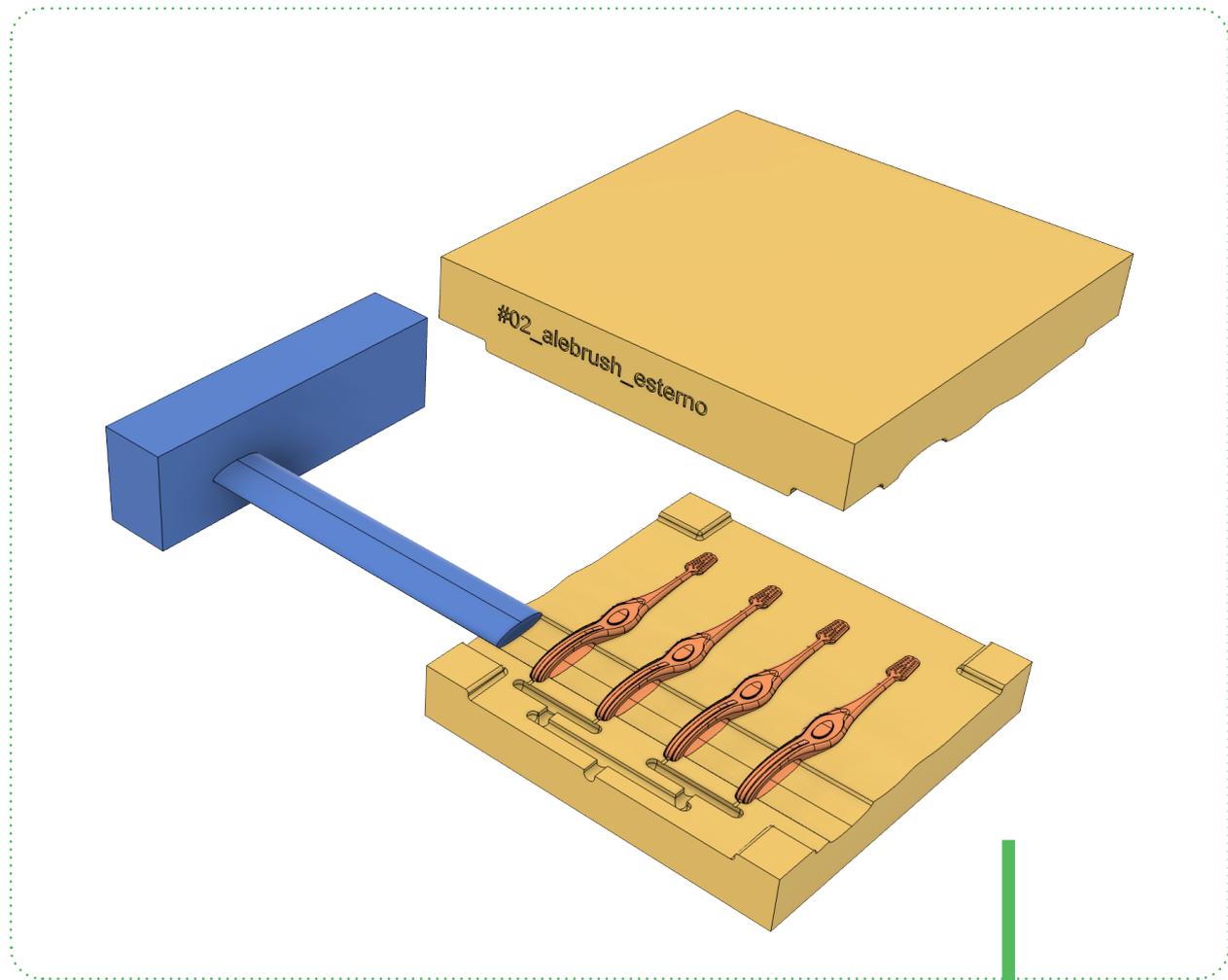
Entrambi gli stampi hanno un movimento (la parte in blu) che consiste in questo perno che in fase di stampaggio andrà a formare il foro dello spazzolino.





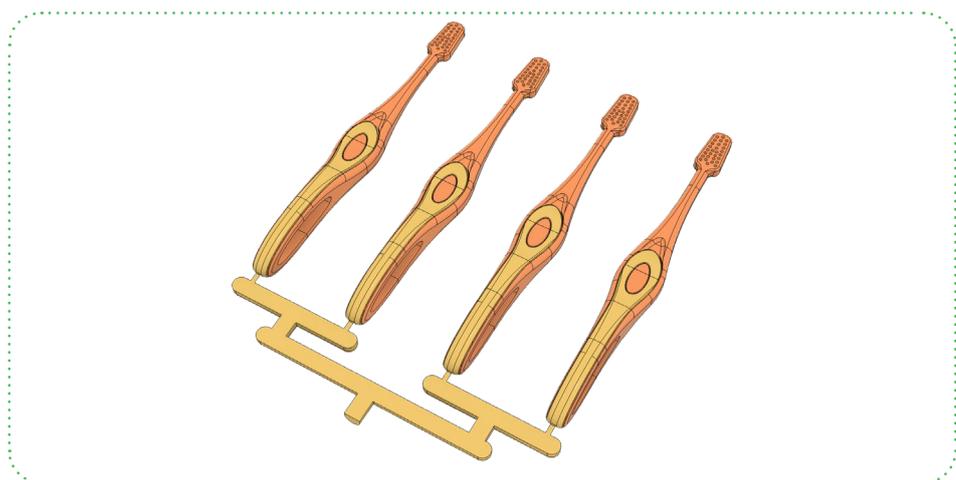
prima stampata: vengono stampati i manici





caricamento all'interno dello stampo

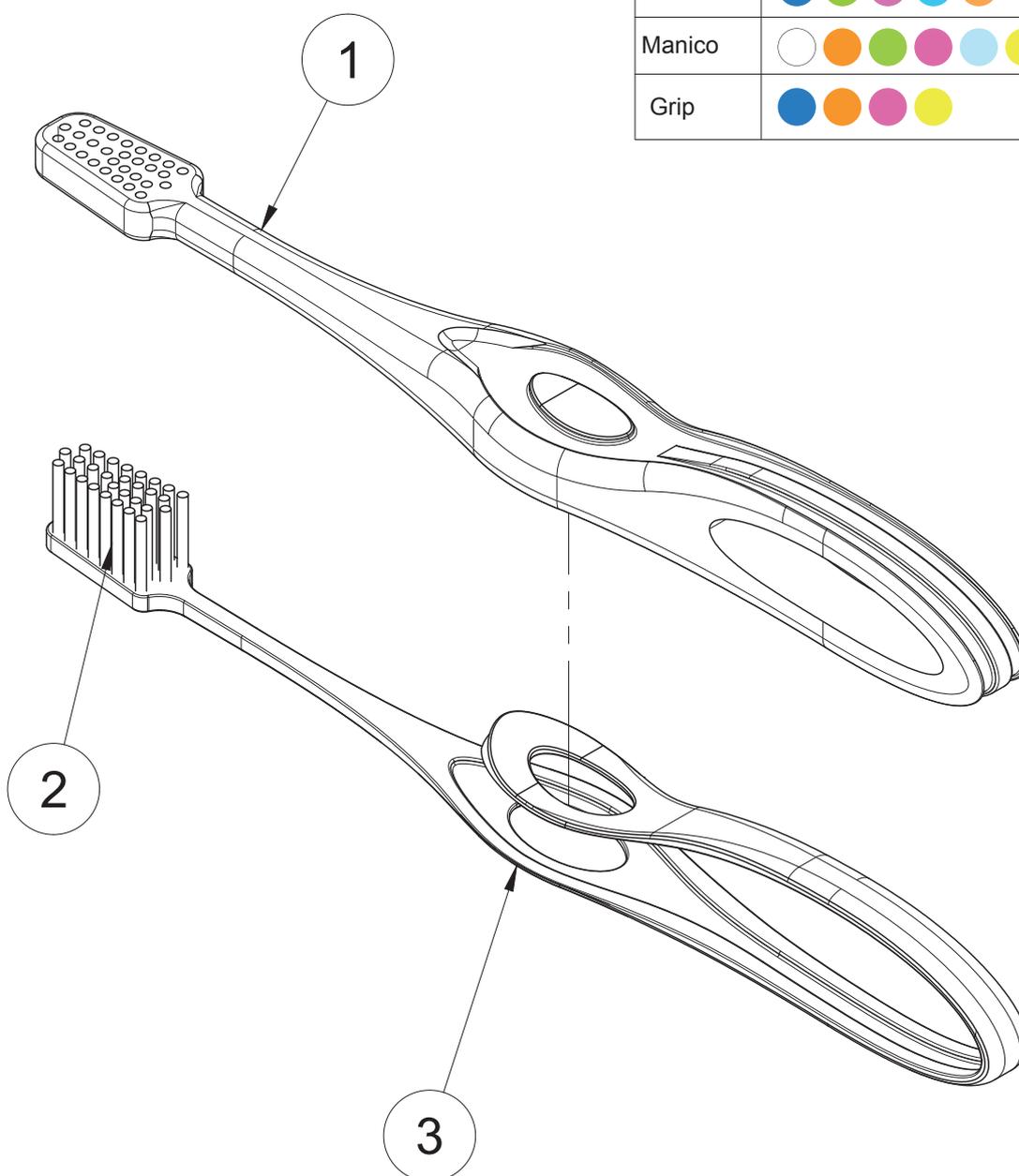
seconda stampata: viene stampato il grip sopra ai manici

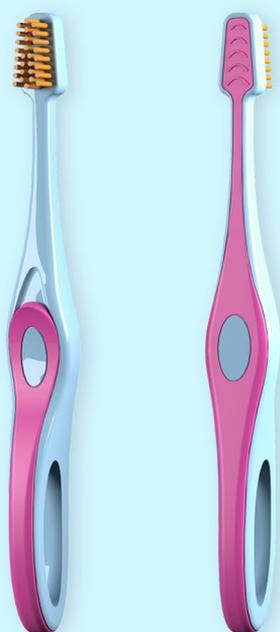
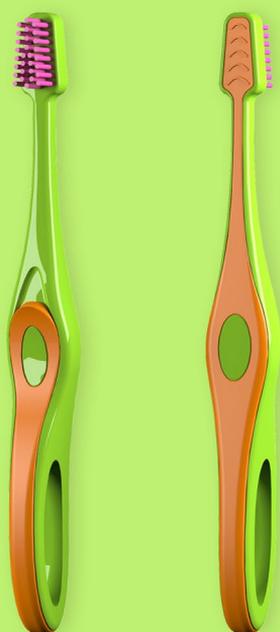
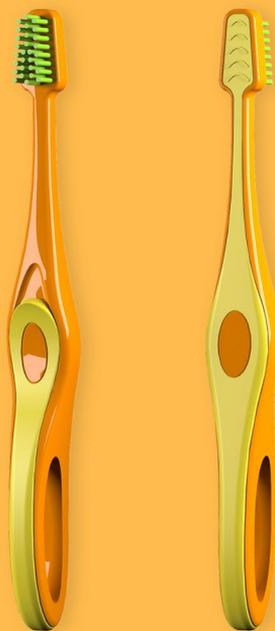


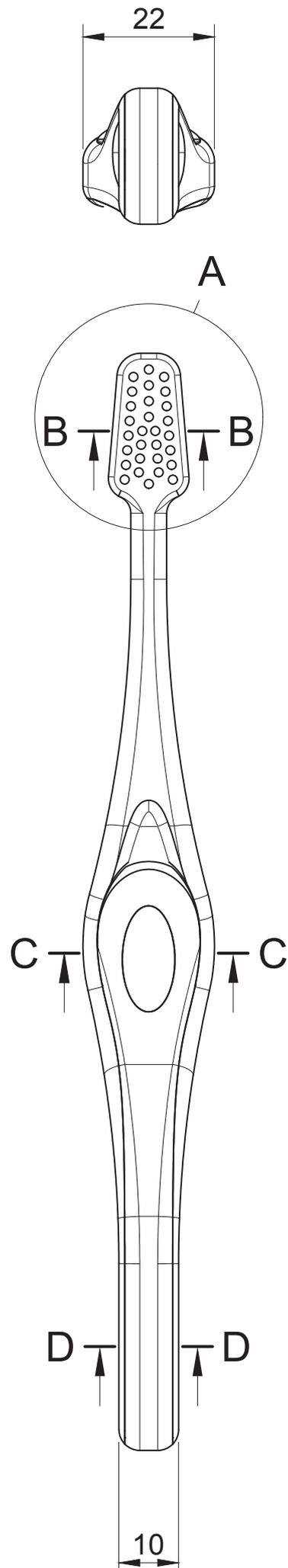
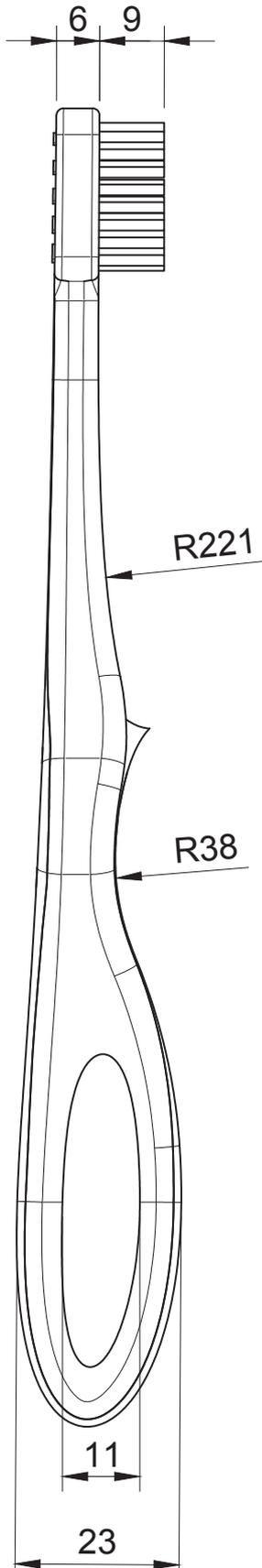
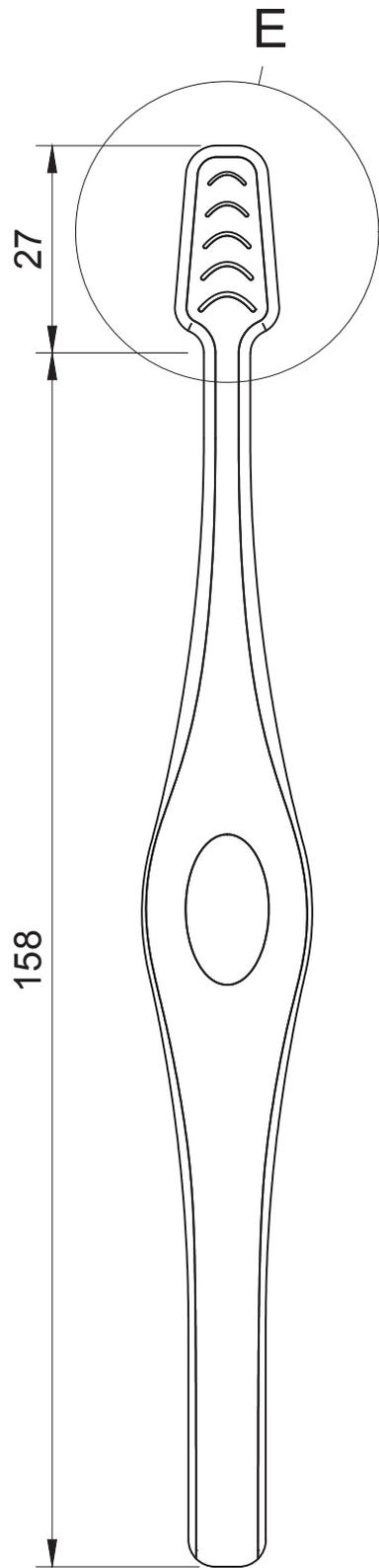
8.6 disegni tecnici e render

Elenco parti		
elemento	nome parte	materiale
1	Manico	Ps
2	Setole	Nylon-6
3	Grip	TPU-E

Schema colori	
elemento	colori disponibili
Setole	
Manico	
Grip	



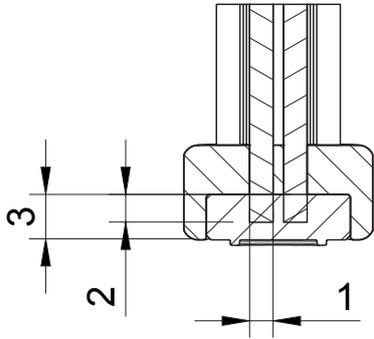




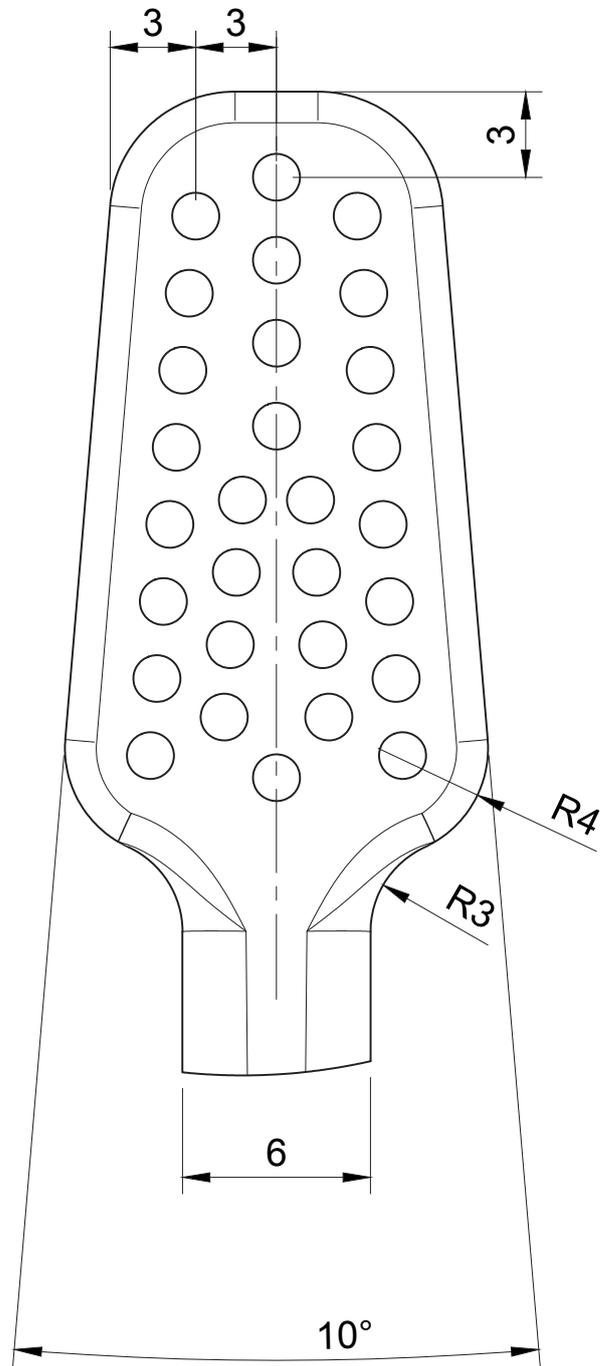




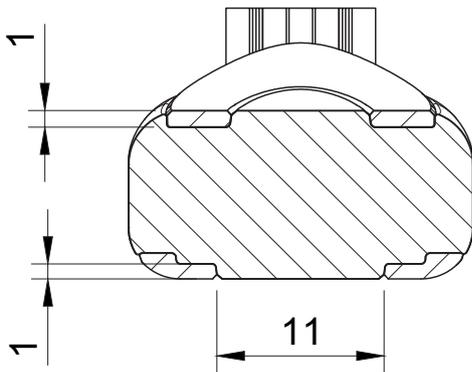
B-B (2:1)



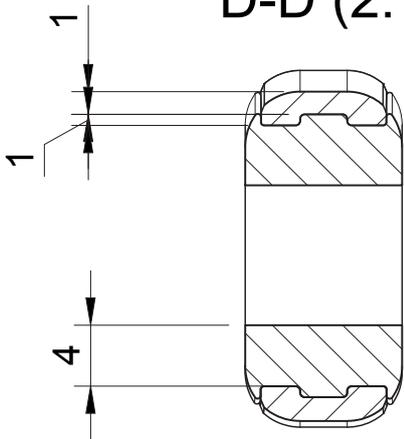
A (4:1)



C-C (2:1)



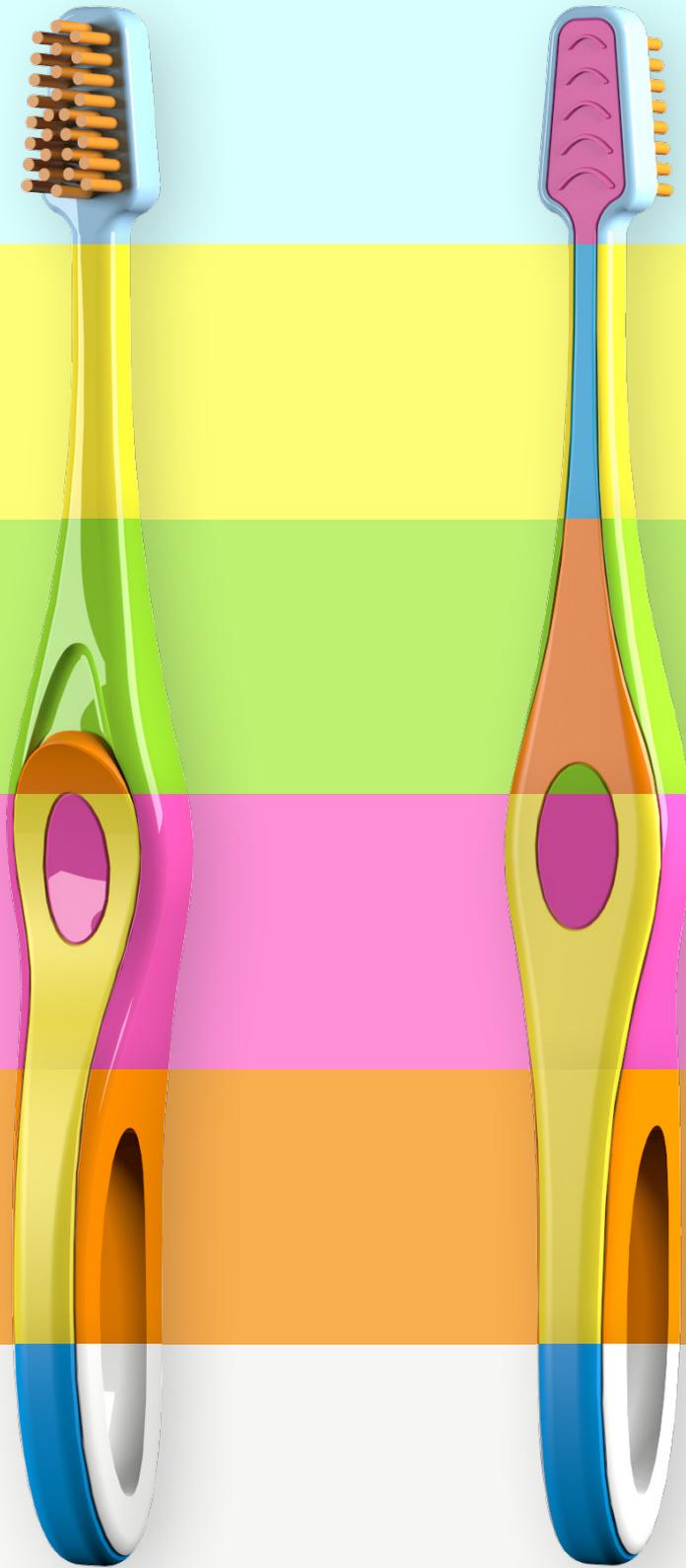
D-D (2:1)







**Choose
the
color
of
your
smile.**



Bibliografia & sitografia

- [1]<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5002340/>
- [2]<https://www.studiovassura.it/spazzolino-da-denti/>
- [3]<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1013905212000181>
- [4]https://applications.emro.who.int/imemrf/sdj_2006_18_3_125.pdf
- [5]<https://www.studiodentisticocasella.it/blog/chi-ha-inventato-lo-spazzolino.html>
- [6]<http://www.computersmiths.com/chineseinvention/toothbrush.htm>
- [7]<https://museumofeverydaylife.org/exhibitions-collections/previous-exhibitions/toothbrush-from-twig-to-bristle-in-all-its-expedient-beauty/a-visual-history-of-the-toothbrush>
- [8]https://www.centrodontoiatricosalernitano.it/news/breve-storia-dell039igiene-orale_444.xhtml

- [9]<https://mydentalfamily.it/9000-anni-di-igiene-orale-tra-leggende-e-cura-dei-denti/>
- [10]<https://ilpalazzodisichelgaita.wordpress.com/2017/12/02/un-sorriso-medievale-cura-e-igiene-dei-denti-nella-scuola-medica-salernitana/>
- [11]<https://www.history.com/news/who-invented-the-toothbrush>
- [12]<https://www.loc.gov/everyday-mysteries/technology/item/who-invented-the-toothbrush-and-when-was-it-invented/>
- [13]<https://www.electriceeth.com/uk/the-history-of-the-electric-toothbrush/>
- [14]<https://studicampagna.it/la-storia-dello-spazzolino-elettrico-dal-broxodent-ad-oggi/>
- [15]<https://www.dentalcare.com/en-us/ce-courses/ce648/oscillating-rotating-technology>
- [16]<https://www.g7smile.com/spazzolino-sonico-e-ultrasonico/>
- [17]<https://magazine.amicodontista.com/mondo-dentisti/spazzolini-manuali/>
- [18]<https://www.malidds.com/types-of-toothbrushes/>
- [19]<https://thevillagedentist.com/2017/01/28/toothbrushes-101/>
- [20]<https://www.travel365.it/regole-trasporto-liquidi-aereo.htm>
- [21] Ashby M., Johnson K., (2005), *Materials and Design*, Casa Editrice Ambrosiana, Milano, 209
- [22]<http://www.designlife-cycle.com/plastic-toothbrush>
- [23] Ashby M., Johnson K., (2005), *Materials and Design*, Casa Editrice Ambrosiana, Milano, 208
- [24] Ashby M., Johnson K., (2005), *Materials and Design*, Casa Editrice Ambrosiana, Milano, 235
- [25]<https://www.dentisalute.it/2022/04/20/spazzolino-in-bambu-per-i-denti/>
- [26] Ashby M., Johnson K., (2005), *Materials and Design*, Casa Editrice Ambrosiana, Milano, 221
- [27]<https://www.youtube.com/watch?v=i-2pIal6HmU>
- [28]<https://www.teamtech.com/capabilities/bristling/>
- [29]<https://patents.justia.com/patent/20060107478>
- [30]<https://www.uoralcare.com/product/anchorless-tufting-toothbrush-heads-hx924-p/>
- [31]<https://www.brushexpert.com/news/archived/article/boucherie-PTt-technology>
- [32]<https://museumofeverydaylife.org/exhibitions-collections/previous-exhibitions/toothbrush-from-twig-to-bristle-in-all-its-expedient-beauty/a-visual-history-of-the-toothbrush>
- [33]<https://www.lifeunpacked.com/blogs/resources/the-toothbrush-dilemma>
- [34]<https://www.electriceeth.com/recycle-toothbrush-bristles/>
- [35]<https://ecotoothbrush.wordpress.com/2014/12/22/nylon4-and-nylon-6-bristles-ok-they-are-biodegradable-what-does-that-mean/>
- [36]<https://hpp.arkema.com/en/product-families/rilsan-polyamide-11-resins/>
- [37]<http://www.computersmiths.com/chinese-invention/toothbrush.htm>
- [38]<https://www.plasticfinder.it/pbt/pbt-polibutilene-terefalato>
- [39]<http://chinafilament.weebly.com/pbt-toothbrush-filament.html>
- [40]<https://patentimages.storage.googleapis.com/35/09/ce/4aa24d88054fdf/US6090488.pdf>
- [41]<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7344766/>
- [42]<https://gippslandunwrapped.com/2018/06/24/finally-a-toothbrush-with-plant-based-biodegradable-bristles/>
- [43]<https://us.brushnaked.com/pages/faq>
- [44]<https://wowelifestyle.com/blogs/better-living/why-do-bamboo-toothbrushes-have-nylon-bristles>
- [45]<https://www.tuttogreen.it/guida-al-sisal/>
- [46]<https://www.cartaincarta.it/it/blog/la-juta-cose-e-come-si-lavora-787>
- [47]<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8597153/>
- [48]<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4829200/>
- [49]<https://www.ptsindu.com/blog/2k-injection-molding/>

Allegati

A1. Combining evidence based healthcare with environmental sustainability: using the toothbrush as a model.

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/344225318>

Combining evidence-based healthcare with environmental sustainability: using the toothbrush as a model

Article in *British dental journal official journal of the British Dental Association: BDJ online* - September 2020

DOI: 10.1038/s41415-020-1981-0

CITATIONS

15

READS

6,442

6 authors, including:



Sophie Saget
Trinity College Dublin

18 PUBLICATIONS 173 CITATIONS

SEE PROFILE



Marcela Porto Costa
Bangor University

12 PUBLICATIONS 203 CITATIONS

SEE PROFILE



Ben Underwood

12 PUBLICATIONS 235 CITATIONS

SEE PROFILE



Brett Duane
Trinity College Dublin

98 PUBLICATIONS 745 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Critical review [View project](#)



Sustainability in Dentistry [View project](#)

Combining evidence-based healthcare with environmental sustainability: using the toothbrush as a model

Alexandra Lyne,^{*1} Paul Ashley,² Sophie Saget,³ Marcela Porto Costa,⁴ Benjamin Underwood⁵ and Brett Duane⁶

Key points

This is the first study to quantify the environmental impact of electric and manual toothbrushes, including bamboo and replaceable-head manual brushes.

Dentists and dental care professionals should use the results of this study when recommending toothbrushes to patients.

The results of this study could be used to inform NHS policy and procurement for dental public health programmes.'

Abstract

Introduction Healthcare professionals should consider environmental sustainability when recommending medical devices to patients, although there is currently little quantitative data available. The toothbrush is a widely recommended healthcare device worldwide. The aim of this study was to compare the sustainability of different types of toothbrush.

Materials and methods Four types of toothbrush were studied: a traditional plastic and electric toothbrush, as well as a plastic manual toothbrush with replaceable heads and a bamboo manual toothbrush. Life cycle assessment (LCA) methodology was applied to quantify the environmental impact of these toothbrushes over five years.

Results The electric toothbrush performed consistently poorly compared to the three manual toothbrush types and had the greatest impact in 15 out of 16 environmental categories. The bamboo and replaceable-head plastic toothbrushes had the lowest impact in all categories. The climate change potential of the electric toothbrush was 11 times greater than the bamboo toothbrush.

Discussion Switching toothbrushes from the traditional toothbrushes to bamboo or replaceable-head plastic is more environmentally sustainable. These results could be used to inform individual consumer choice, oral health recommendations, procurement of toothbrushes for public health programmes and toothbrush manufacturers. LCA methodology can be used to make healthcare more sustainable.

Introduction

Environmental sustainability is a worldwide public health issue.¹ The planet and its global population face a range of challenges, including climate change, reduction in biodiversity, air and water pollution, and ozone depletion. Global healthcare is a significant contributor to national carbon dioxide emissions - and is, on average, responsible for 5% of emissions.² In

England, the National Health Service (NHS) is responsible for 25% of England's public sector carbon footprint.³ Established to improve population health, healthcare systems are harming the planet.

As an 'anchor organisation' in the UK, the NHS aims to be a sustainable healthcare system.⁴ The NHS Long Term Plan commits to three environmental aims: to reduce air pollution, waste and greenhouse gas emissions.⁵ In England, this is driven by the Sustainable Development Unit (SDU), which was established to embed sustainable development at all levels of healthcare.⁶ One measure of success is that 'professionals are encouraged to consider sustainability principles when deciding what is right for patients and clients'. For NHS professionals to understand the environmental impact of a product or service, different methods can be used. These range from carbon footprint analysis to more detailed methods which look at wider environmental impacts.

Life cycle assessment (LCA) is used to measure the environmental impact of different services or products.^{7,8} Also referred to as a cradle-to-grave analysis, LCA considers all aspects of a product along its life cycle, including raw materials, manufacture, use, transport and disposal. The NHS, along with other healthcare companies, established the Coalition for Sustainable Pharmaceuticals and Medical Devices (CSPM), which recommends LCA to compare services and enable policymakers to make informed recommendations.⁹ More recently, the European Union adopted the Product Environment Footprint (PEF) to provide a consistent, standardised, comparable approach to undertaking LCA.¹⁰

There is currently little evidence or guidance regarding the sustainability of specific healthcare interventions, services or devices. This includes both evidence-based interventions within a healthcare setting (such as a hospital or dental practice) and those

¹Department of Paediatric Dentistry, Eastman Dental Hospital, 47-49 Huntley Street, London, WC1E 6DG, UK; ²Paediatric Dentistry, UCL, 256 Gray's Inn Road, London, WC1 X8LD, UK; ³Botany, Trinity College Dublin, College Green, Dublin, Ireland; ⁴Bangor University, Bangor, LL57 2DG, UK; ⁵Eckington Dental Care, 2 High Street, Eckington, S21 4DN; ⁶Trinity College Dublin, Department of Child and Public Dental Health, Dublin, Ireland.
*Correspondence to: Alexandra Lyne
Email address: alexandra.lyne@nhs.net

Refereed Paper.

Accepted 6 April 2020

<https://doi.org/10.1038/s41415-020-1981-0>

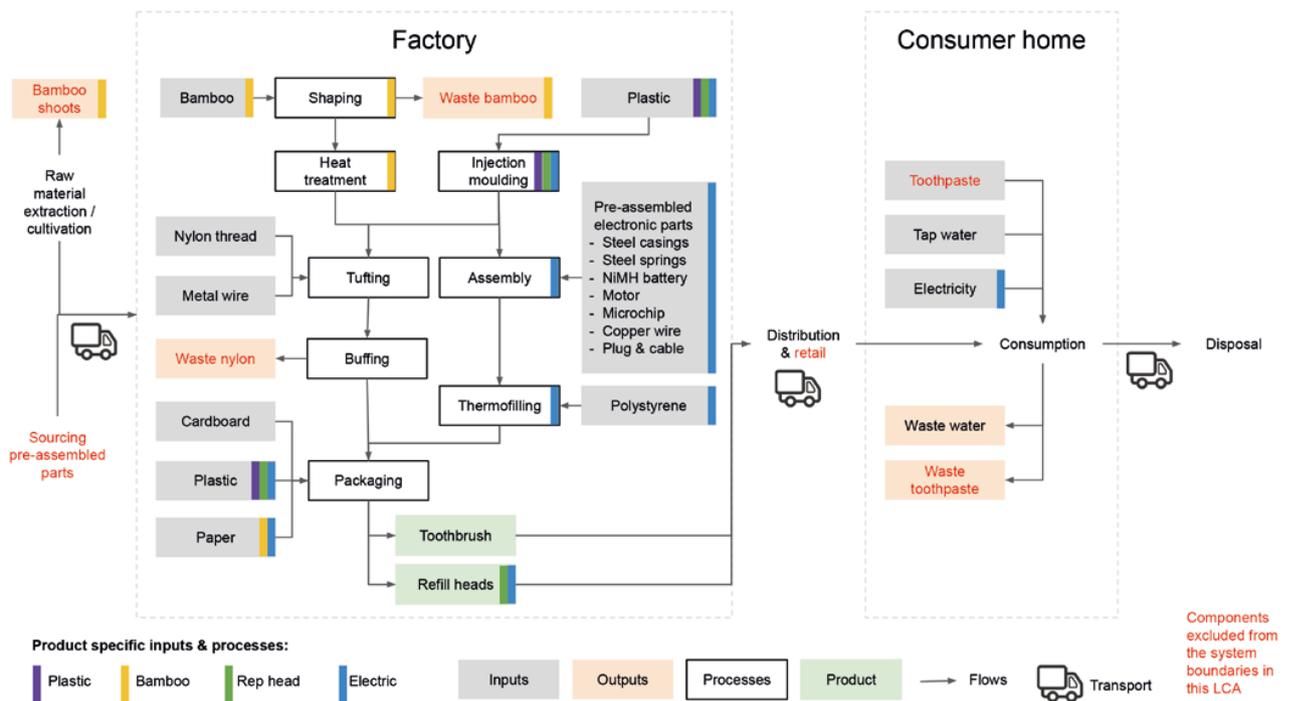


Fig. 1 LCA boundaries

carried out within the home setting. In this paper, we have selected a commonly prescribed intervention (the toothbrush) to explore the impact of this preventative device on the environment. Its efficacy as an intervention to prevent oral disease is well established.¹¹ There are several different types of toothbrush available in the UK, with different sustainability 'credentials'. Although there is evidence that electric toothbrushes are associated with a greater level of plaque and gingivitis reduction compared to manual toothbrushes, there is no evidence that any type of toothbrush is more clinically effective for the prevention of dental caries and periodontal disease.¹² Therefore, potentially, the environmental impact could be the prime consideration for NHS providers when selecting or recommending a product. The national Scottish oral health programme, Childsmile, has pledged to include sustainability as part of the product specification when procuring toothbrushes.¹³

This paper uses LCA methodology to quantify the environmental impact of perhaps the most used healthcare device worldwide: the toothbrush. The aim was to compare the sustainability of different types of toothbrush and identify which aspects of the life cycle have the greatest environmental impact.

Materials and methods

A comparative LCA of four different types of toothbrushes was undertaken at the Eastman Dental Hospital, London, in partnership with the Dublin Dental University Hospital (Trinity College Dublin, Ireland).

The software OpenLCA v1.8 was used for the LCA, alongside the reference database Ecoinvent v3.5. The LCA methodology was applied in line with ISO standards and PEF guidelines.^{8,9,10}

The four types of toothbrush were:

1. Plastic manual: plastic handle with fixed head
2. Bamboo manual: bamboo handle with fixed head
3. Plastic manual with replaceable head: reusable plastic handle (made from a bioplastic) with replaceable heads
4. Electric: handle and charging unit, with replaceable heads.

Four individual products, available in the UK, were selected to represent each type of toothbrush. The specific brands and manufacturers have been anonymised.

An attributional LCA was conducted from cradle to grave, using physical allocation by mass. The functional unit was defined as

individual toothbrush use over five years. The time period of five years was chosen as this is the average life span of the battery in an electric toothbrush.¹⁴

The system boundaries are shown in Figure 1. The entire product system, including geographical location, was compared, as only the bamboo toothbrush was manufactured outside of Europe (bamboo was cultivated and manufactured in China).

Environmental data for raw bamboo, used to form the handle of the bamboo manual toothbrush, was not available. Therefore, inputs from cultivation of raw bamboo in China were estimated by the consultancy firm GreenDelta (GmbH, 2019) and authors (SS and MC). All assumptions made in this study are listed in Table 1.

A life cycle inventory was created for each type of toothbrush. A sample of each product was dismantled to identify and weigh the component materials. Manufacturers were contacted to clarify any materials, manufacturing and packaging process, plus the transport route. The number of products needed over five years was calculated. For machinery not available in the database, the energy consumption (kWh) of the machine was used.

Data from the life cycle inventory was modelled in OpenLCA v1.8 for the life cycle

impact assessment (LCIA). The impact categories and LCIA methods are shown in Table 2. The LCIA method for each category was selected based on the PEF Category Rules Guidance.¹⁰

Results

The life cycle inventory for each product is available in our online supplementary information.

The results of the LCIA are shown in Figure 2. The electric toothbrush had the greatest environmental impact in all categories, except water scarcity. The plastic manual replaceable-head and bamboo manual toothbrushes had the lowest environment impact in 11 and 5 of the impact categories, respectively.

Figure 3 demonstrates how each life cycle stage contributed to the impact assessment. For the bamboo manual toothbrush, the biggest contributing factor was consumer use (the tap water used during brushing). The materials contributed the most in both the manual plastic toothbrush and plastic manual replaceable-head toothbrush. The material polypropylene, used to make the plastic handle, was the single biggest contributing factor in both these toothbrushes (37% and 33%, respectively). The electric toothbrush was

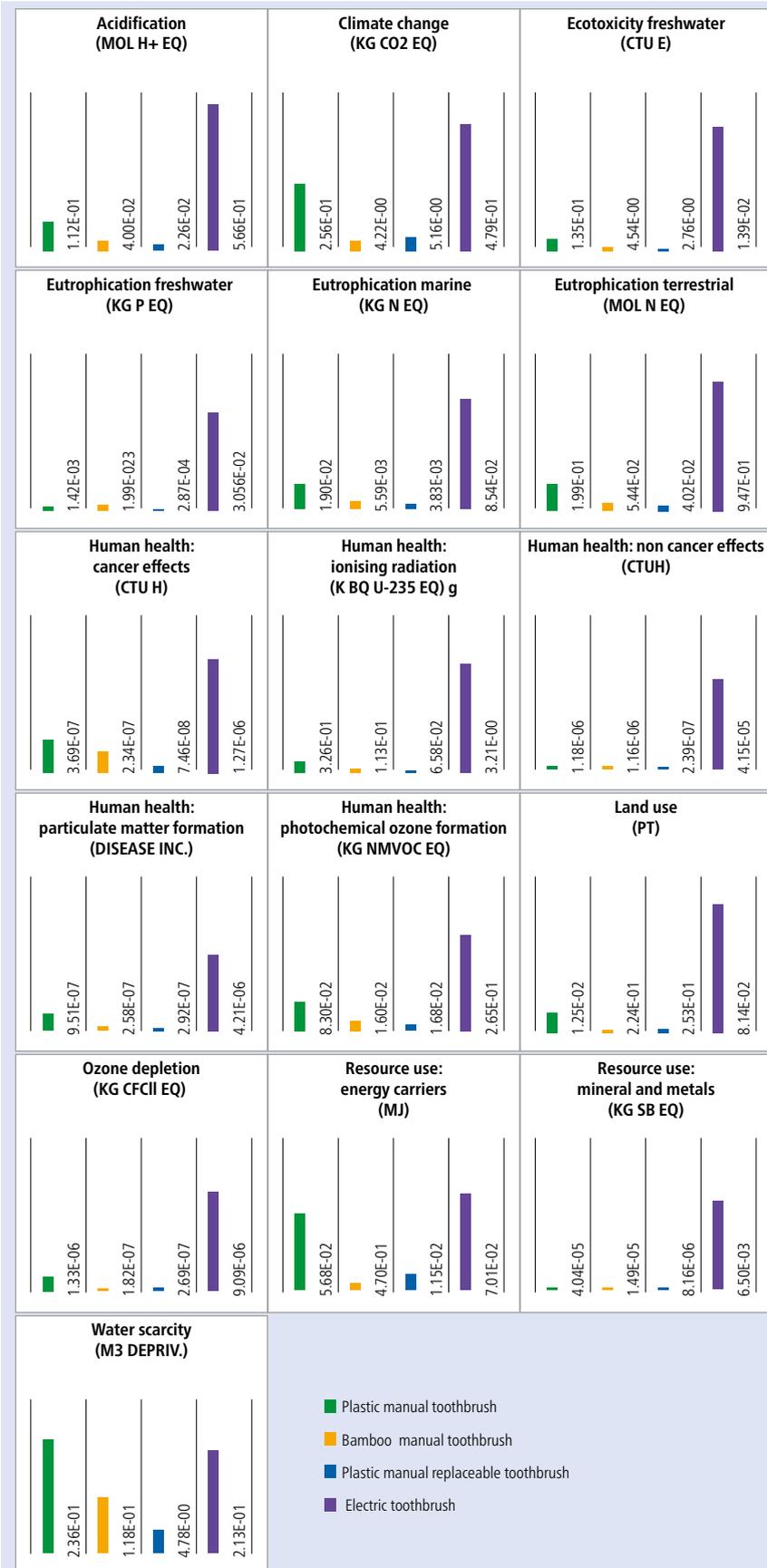
Table 1 Assumptions and exclusions

Area	Assumptions and exclusions
Materials	Any materials weighing <0.01 g were excluded To create the dataset for bamboo, the following assumptions were made about bamboo cultivation: Bamboo shoots produced during cultivation but are not used in toothbrushes were excluded The carbon sequestration was excluded as bamboo is assumed to be recycled back into the environment within 100 years No pesticides were applied ¹⁵ Nursery phase and emissions from crop residues were not included Fertilisers were applied once yearly. All fertilisers were from synthetic sources. Direct and indirect field emissions from nitrogen fertilisers, leaching potential and emissions to water from phosphorus fertiliser were based on agricultural guidelines ¹⁶ The main agricultural values for yearly bamboo cultivation were taken from a report by the International Network for bamboo and Rattan ¹⁷ The agricultural machinery used diesel petrol Bamboo was transported via lorry directly to the manufacturer
Manufacture	All waste was recycled back into the manufacturing process Products were manufactured and packaged in one location
Transport	Products are transported directly from the factory location to the company UK headquarters Distances were determined using Google Maps
Consumer use	No toothbrush products were shared between individuals The toothbrush was used twice daily, every day for two minutes ¹¹ The toothbrush, or the replaceable head, was changed every three months ¹⁸ The energy required to charge an electric toothbrush was 2.8 kW/year, as advised by the manufacturer For every episode of tooth brushing, 0.6 litres of tap water was used. This volume was estimated by measuring the volume of water used by ten colleagues The impact of toothpaste use was excluded All tap water used during tooth brushing is washed down the mains drain
Disposal	Every product was disposed of according to the manufacturer's instructions

Table 2 Impact categories and LCIA methods used in this study¹⁰

Impact category (abbreviation)	LCIA method (units)	Description
Acidification (A)	ILCD 2011 Midpoint+ (Mol H+ eq)	Acidification of soils and freshwater due to gas release
Climate change (CC)	IPCC 2013 GWP 100a (kg CO ₂ eq)	Potential for global warming from greenhouse gas emissions
Ecotoxicity freshwater (ECF)	ILCD 2011 Midpoint+ (CTUe)	Harmful effects of toxic substances on freshwater organisms
Eutrophication freshwater (EUF)	ILCD 2011 Midpoint+ (kg P eq)	Changes in freshwater organisms and ecosystems caused by excess nutrients
Eutrophication marine (EUM)	ILCD 2011 Midpoint+ (kg N eq)	Changes in marine organisms and ecosystems caused by excess nutrients
Eutrophication terrestrial (EUT)	ILCD 2011 Midpoint+ (mol N eq)	Changes in land organisms from excess nutrients in soil and air
Human health: cancer effects (CE)	ILCD 2011 Midpoint+ (CTUh)	Harm to human health that causes or increases cancer risk
Human health: ionising radiation (IR)	ILCD 2011 Midpoint+ (kBq U ²³⁵ eq)	Potential damage to human DNA from ionising radiation
Human health: non-cancer effects (NCE)	ILCD 2011 Midpoint+ (CTUh)	Harm to human health that is not related to cancer or ionising radiation
Human health: particulate matter formation (PMF)	PM method (disease incidence)	Harm to human health caused by particulate matter emissions (respiratory inorganics)
Human health: photochemical ozone formation (POF)	ILCD 2011 Midpoint+ (kg NMVOC eq)	Harm to human health from gas emissions that contribute to smog in the lower atmosphere
Land use (LU)	Soil quality index based on LANCA (pt)	Depletion of natural resources, change in soil quality and reduction in biodiversity
Ozone depletion (OD)	ILCD 2011 Midpoint+ (kg CFC11 eq)	Air emissions causing stratospheric ozone layer destruction
Resource use: energy carriers (REC)	CML-IA baseline (MJ)	Depletion of natural fossil fuels
Resource use: minerals and metals (RMM)	CML-IA baseline (kg Sb eq)	Depletion of natural non-fossil fuel resources
Water scarcity (WS)	AWARE (m ³ deprivation)	Potential for water deprivation to humans and ecosystems globally

Fig. 2 LCIA results



the heaviest product at 1.42 kg – the greatest contributor to its overall environmental impact was the transport (47%), followed closely by the materials (46%). All other aspects of the electric toothbrush had much less contribution to its overall impact, including the consumer energy use from charging the handle (0.69%) and disposal (0.16%).

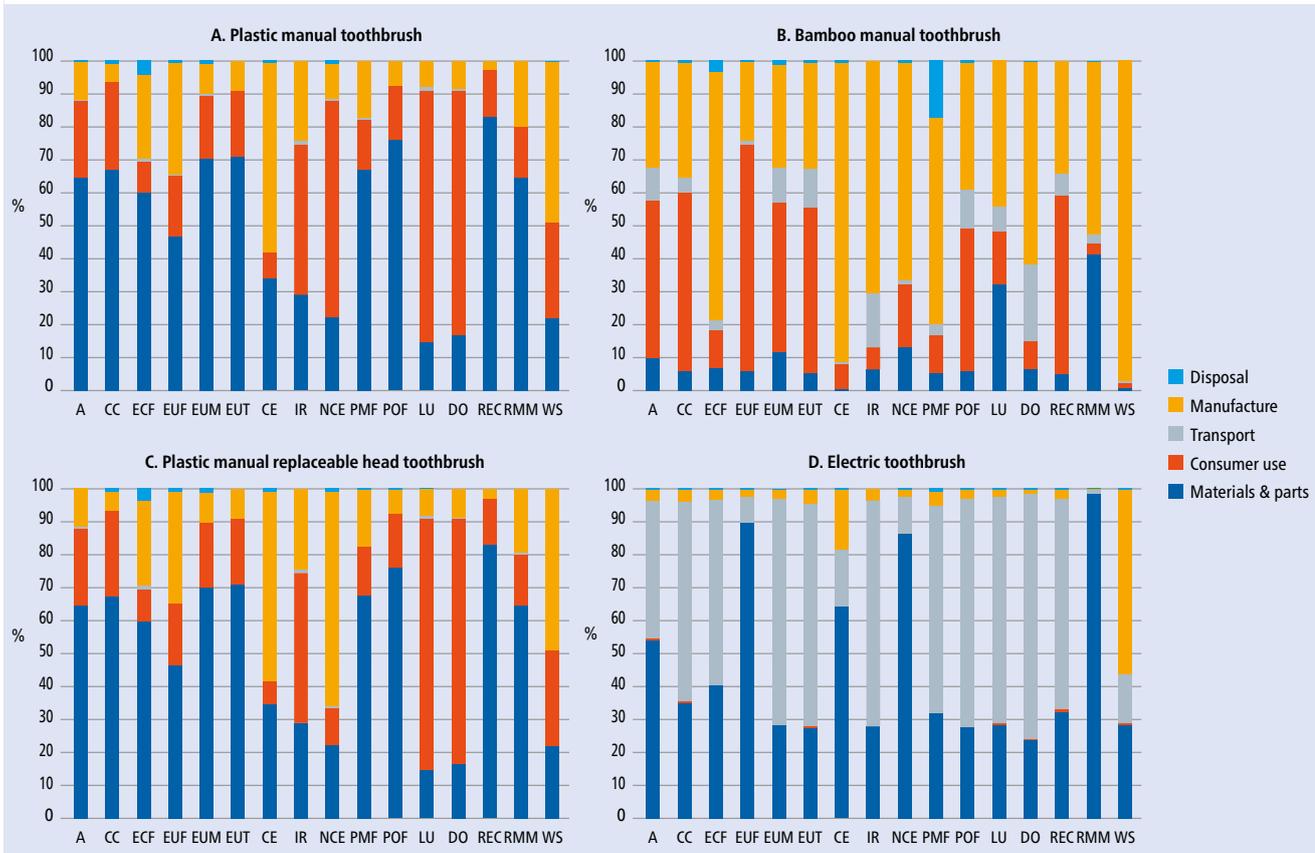
The disposal of the products had the smallest contribution to the environmental impact for all toothbrushes.

Discussion

This study found that both the bamboo manual and plastic manual replaceable-head toothbrushes performed consistently better than the plastic manual and electric toothbrushes, in all impact categories. The sustainability of the electric toothbrush was poor, having the greatest environmental impact in all but one category (water scarcity). The climate change impact of the electric toothbrush was over 11 times greater than the bamboo toothbrush. When considering land use, and the consequential reduction in biodiversity and habitat, the negative impact of the electric toothbrush was over 36 times that of the bamboo toothbrush.

There is increasing public concern about the use of plastics and this alone may be the most important environmental consideration for individual consumers.^{19,20} All products in this study used plastic to make the toothbrush bristles (nylon), and all except the bamboo product also used plastic for the toothbrush handles (polypropylene) and as part of the packaging (polyethylene). The bamboo toothbrush used just 11 g of plastic over the five years, the lowest of all products (97% less plastic than the plastic manual toothbrush). The polypropylene in the handle of both the traditional plastic manual and the plastic manual replaceable-head toothbrushes had the greatest contribution to the overall environmental impact. The replaceable heads did use a bioplastic, with 30% of the polymer derived from starch, but the effect of this was unclear and our results suggest that the lower weight of plastic, from only replacing the head and not the handle, had a greater impact. Further research to identify the ‘ideal’ sustainable toothbrush could investigate the exact impact of switching polypropylene for biopolymers. If the average life expectancy in the UK is 80 years, then an individual using plastic manual toothbrushes over their lifetime

Fig. 3 Contribution analysis for: a) Plastic manual toothbrush. b) Bamboo manual toothbrush. c) Plastic manual replaceable-head toothbrush. d) Electric toothbrush



equates to 6.3 kg of plastic. A decrease in public demand for plastic and electric toothbrushes may in turn encourage manufacturers to use LCA to improve the environmental impact of their products and use more sustainable materials and processes.

There are limitations to using LCA to compare different healthcare products. There is a range of impact categories and allocation methods that can be used, along with different methods for the LCIA, and this can make the results difficult to interpret. Although guidance by the PEF aims to standardise the methodology, it advises that the toxicity-related results are interpreted with caution, as the corresponding three LCIA methods are still in development.¹⁰ However, in this analysis, clear differences between the two manual toothbrushes and the electric toothbrush were seen.

In this study, four individual toothbrush products were selected to represent each type of toothbrush; however, the market is constantly changing. In particular, electric toothbrushes have a wide variability in design, and their features and composition

are being continually updated. In this study, the simplest rechargeable electric toothbrush from a market-leading brand was selected, but is not necessarily representative of all electric toothbrushes. Since this study was commenced, new toothbrush materials have come to market, including reusable handles made from aluminium. As the market evolves and manufacturers change their materials, LCA should be repeated and recommendations reviewed.

LCA is usually conducted 'in-house' by the manufacturer, which was not the case in this study. In order to correctly identify all the correct product materials and processes, the authors had to request the relevant data from the manufacturers. Where it was not possible to confirm an exact material or process, or the manufacturer was unwilling to supply the information, assumptions were made by the authors based on industry knowledge. This would have affected the accuracy of the LCA inventory. Ideally, a sensitivity analysis of the most impactful processes and materials would have been carried out, in order to identify what changes in the material and manufacturing

processes could be altered to improve the environmental impact of the product. However, this requires in-depth knowledge and data disclosure, and the authors feel that the responsibility to analyse this and make changes accordingly lies with the product manufacturer.

Including a bamboo product was challenging, as there was no available data for this raw material in the reference database. Therefore, the background processes to cultivate bamboo had to be separately modelled by GreenDelta and authors (SS and MC). Several assumptions and exclusions (Table 1) had to be made in order to produce the dataset, and the effect these assumptions had on the results would require further research and sensitivity analysis. However, bamboo cultivation practices can vary widely, altering the environmental impact of using bamboo as a product material. For example, fertilisers are used in less than 5% of industrial bamboo plantations as the fallen bamboo leaves provide sufficient nutrients for new shoots.¹⁷ As a conservative estimate, in this study, we assumed yearly

fertiliser application. Ideally, a robust dataset produced with the specific bamboo plantation used by the manufacturer would have been created, but this was beyond the scope of this study. Bamboo cultivation is currently assumed to be carbon-neutral, as bamboo ecosystems are carbon sinks, but an increasing demand for this material may, in future, lead to modifications in the bamboo ecosystem and bamboo cultivation could even become a carbon source.²¹ It was confirmed that no glue is used in the manufacture of the bamboo toothbrush (the handle is made from shaping raw bamboo and heat treating the surface to sterilise), as concerns have been raised regarding the melamine resins used in the production of bamboo products, such as reusable cups.²²

Some of the assumptions made about consumer use and disposal are likely to be unrealistic. Individual use of a toothbrush was based on clinical recommendations^{11,18} and informed the number of products needed in five years, as well as the waste water used during tooth brushing. There is no data available on public compliance with these oral health recommendations, although studies of health recommendations, such as physical activity, suggest that public compliance is moderate at best.²³ For the electric toothbrush, it was assumed that the handle is only used by one individual and was disposed of after five years.¹⁴ However, families may share one electric toothbrush handle, and may upgrade the handle and charging unit more often or less often than every five years. There is currently no data available about the sharing habits of electric toothbrush users. This LCA further assumed that individuals would dispose of their products according to manufacturers' recommendations – for the bamboo toothbrush, this includes removing the bristles and metal staples from the bamboo handle. This was undertaken by one of the authors (AL) as part of the product inventory – as it took almost 30 minutes to remove all the bristles and metal staples using tweezers, it was considered that this is unrealistic to expect from consumers. However, the authors felt that using the manufacturers' recommendations was reasonable, given that the disposal processes in the LCIA had little contribution to the overall impact for all the toothbrushes in this study. However, a sensitivity analysis using different disposal scenarios, including bamboo ending up in the ocean, could affect the results and is a topic for further research.

Furthermore, some toothbrush manufacturers have started offering recycling schemes for their products, which could reduce the impact of their materials. However, at the time of this study, the products in this trial were not offering a recycling scheme and the exact procedure used in any recycling scheme should be specifically analysed by the individual manufacturer, in order to ensure that the impact created from the transport and recycling processes doesn't outweigh the benefits of reusing the materials.

Other oral health cleaning aids, such as interdental brushes and floss, will also have an environmental impact and would be subject to a separate life cycle analysis, given their different recommendations and disposal. Research into this is already underway at the authors' institutions (UCL and Trinity College Dublin).

The NHS should recommend healthcare devices that are clinically effective, cost-effective and environmentally sustainable. There is currently no evidence that using an electric toothbrush reduces incidence of dental caries or periodontal disease, even if it is better for reducing plaque levels.¹² For this reason, there is currently no evidence that individuals switching to the more sustainable manual toothbrushes from this study will develop more dental disease, which could in turn increase the environmental impact of providing dental care. However, should new evidence emerge, the clinical benefit of one type of toothbrush should be considered together with sustainability and cost. Electric toothbrushes are more expensive, and less environmentally sustainable, than manual toothbrushes. This should be a strong consideration when recommending toothbrushes to the public. Similar principles should apply to toothbrushes procured by the NHS for public oral health programmes, and based on this study, either bamboo toothbrushes or replaceable-head manual toothbrushes should be considered over traditional plastic and electric toothbrushes. Admittedly, the cost of bamboo and replaceable-head manual toothbrushes, which are usually greater than simple plastic manual toothbrushes, may present a barrier to their widespread use by consumers and by public oral health improvement programmes.

Conclusion

This simple comparative LCA has shown that a plastic manual replaceable-head toothbrush and bamboo manual toothbrush

perform better than traditional plastic manual and electric toothbrushes in every environmental impact outcome measure used in this study. These results could be used to inform individual consumer choice, oral health recommendations, procurement of toothbrushes for public health programmes and toothbrush manufacturers. Using LCA to inform healthcare policies and recommendations will help move the NHS towards a more environmentally sustainable system.

Conflict of interest

This study was funded by the Eastman Dental Institute (University College London). The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgements

The authors would like to thank the manufacturers of the toothbrush products who helped clarify the processes and product materials.

Author contributions

AL collected the data and drafted the paper; PA co-initiated the collaborative project, monitored data collection and revised the draft paper; SS and MC refined the bamboo cultivation dataset, monitored data analysis and revised the paper; BU revised the paper; BD co-initiated the collaborative project, carried out all data analysis and revised the paper. All authors give their final approval and agree to be accountable for all aspects of the work.

References

- Costello A, Abbas M, Allen A *et al.* Managing the health effects of climate change. *Lancet* 2009; **373**: 1693–1733.
- Pichler P P, Jaccard I S, Weisz U, Weisz C H. International comparison of health care carbon footprints. *Environ Res Lett* 2019; **14**: 064004.
- Sustainable Development Unit. Carbon footprint update for NHS in England 2015. 2016. Available online at <https://www.sduhealth.org.uk/policy-strategy/reporting/nhs-carbon-footprint.aspx> (accessed November 2019).
- The Health Foundation. The NHS as an anchor institution. 2019. Available at <https://www.health.org.uk/news-and-comment/charts-and-infographics/the-nhs-as-an-anchor-institution> (accessed November 2019).
- NHS. The NHS Long Term Plan. 2019. Available online at <https://www.longtermplan.nhs.uk/publication/nhs-long-term-plan/> (accessed November 2019).
- Sustainable Development Unit. What we do. 2019. Available at <https://www.sduhealth.org.uk/about-us/what-we-do.aspx> (accessed November 2019).
- Sustainable Development Unit. Sustainable clinical and care models. 2014. Available online at <https://www.sduhealth.org.uk/areas-of-focus/clinical-and-care-models.aspx> (accessed November 2019).
- International Organization for Standardization. ISO 14001:2015 – Environmental management systems – Requirements with guidance for use. 2015. Available online at <https://www.iso.org/standard/60857.html> (accessed November 2019).

9. Sustainable Development Unit. Coalition for Sustainable Pharmaceuticals and Medical Devices. 2019. Available at <https://www.sduhealth.org.uk/areas-of-focus/carbon-hotspots/pharmaceuticals/cspm.aspx> (accessed November 2019).
10. European Commission Joint Research Centre. Product Environmental Footprint Category Rules Guidance, Version 6.3. 2018. Available at https://eplca.jrc.ec.europa.eu/permalink/PEFCR_guidance_v6.3-2.pdf (accessed November 2019).
11. Public Health England. Delivering better oral health: an evidence-based toolkit for prevention. 2017. Available online at <https://www.gov.uk/government/publications/delivering-better-oral-health-an-evidence-based-toolkit-for-prevention> (accessed November 2019).
12. Yaacob M, Worthington H V, Deacon S A *et al*. Powered versus manual toothbrushing for oral health. *Cochrane Database Syst Rev* 2014; DOI: 10.1002/14651858.CD002281.pub3.
13. Scottish Dental. Sustainability and the Childsmile Programme. 2019. Available at <https://www.scottishdental.org/sustainability-and-the-childsmile-programme/> (accessed November 2019).
14. Love J. The 6 best electric toothbrush choices in the UK. 2020. Available at <https://www.electriceeth.co.uk/best-electric-toothbrush/#:~:text=How%20long%20do%20electric%20toothbrushes,that%20are%2010%20years%20old> (accessed July 2020).
15. Bamboo Grove. Bamboo Agriculture. 2019. Available at <https://www.bamboogrove.com/bamboo-agriculture.html> (accessed November 2019).
16. De Klein C, Novoa R S A, Ogle S *et al*. N2O Emissions from Managed Soils, and CO2 Emissions from Lime and Urea Application. In Eggleston H S, Buendia L, Miwa K, Ngara T, Tanabe K (eds) *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use*. Geneva: IPCC, 2006.
17. Yang Y, Hui C. China's Bamboo: Culture, Resources, Cultivation and Utilization (Part 1) – Technical Report No. 33. 2010. Available at <https://www.inbar.int/wp-content/uploads/2020/05/1489457766.pdf> (accessed July 2020).
18. American Dental Association. Toothbrush care: cleaning, storing and replacement. *J Am Dent Assoc* 2006; **3**: 415.
19. Buranyi S. The plastic backlash: what's behind our sudden rage – and will it make a difference? *The Guardian* (London) 2018 November 13.
20. Laville S. Plastic waste set to beat price as UK shoppers' top concern – study. *The Guardian* (London) 2018 September 10.
21. Maoyi F. Sustainable Management and Utilization of Symptodial Bamboos. Hong Kong: China Forestry Publishing House, 2007. Available at [http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2030/Technical/pd10-00-3%20rev2\(I,F\)%20e_Sustainable%20Management%20and%20Utilization%20of%20sumptodial%20Bamboos_e.pdf](http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2030/Technical/pd10-00-3%20rev2(I,F)%20e_Sustainable%20Management%20and%20Utilization%20of%20sumptodial%20Bamboos_e.pdf) (accessed July 2020).
22. Zheng Z. Bamboo reusable cups are not always biodegradable & can be harmful to health. 2019. Available at <https://mothership.sg/2019/11/bamboo-reusable-cups-environment/> (accessed November 2019).
23. Macek P, Terek-Derszniak M, Zak M *et al*. WHO recommendations on physical activity versus compliance rate within a specific urban population as assessed through IPAQ survey: a cross-sectional cohort study. *BMJ Open* 2019; DOI: 10.1136/bmjopen-2018-028334.

A2. Incorporating sustainability into assessment of oral health interventions

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/344225187>

Incorporating sustainability into assessment of oral health interventions

Article in *British dental journal official journal of the British Dental Association: BDJ online* · September 2020

DOI: 10.1038/s41415-020-1993-9

CITATIONS

6

READS

2,112

6 authors, including:



Brett Duane

Trinity College Dublin

98 PUBLICATIONS 737 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Sophie Saget

Trinity College Dublin

18 PUBLICATIONS 169 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Derek Richards

University of Dundee

232 PUBLICATIONS 1,682 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Advocating the need for children to visit the dentist by 12 months in Ireland [View project](#)



Dentistry [View project](#)

Incorporating sustainability into assessment of oral health interventions

Brett Duane,^{*1} Paul Ashley,² Sophie Saget,³ Derek Richards,⁴ Eleni Pasdeki-Clewer⁵ and Alexandra Lyne⁶

Key points

Manual toothbrush production can be altered to improve the environmental sustainability and impact on global human health.

This study found that it was continually recycled plastic, rather than bioplastic or bamboo, that was the most environmentally sustainable toothbrush model.

Manufacturers, consumers, health professionals and NHS policymakers should consider environmental sustainability as part of a 'triple bottom line', alongside clinical efficacy and cost.

Abstract

Prior to 1966, consumers purchased food items with very little (if any) nutritional labels. Now, nutritional labelling is an integral part of informed consumer choice. This paper advocates for a similar approach for healthcare-related products, using the toothbrush as an example, with the need to quantify and publish data on their clinical efficacy and environmental impact. In this paper, we consider different manufacturing models and measure the environmental impact (carbon footprint) and also the human health impact (disability-adjusted life years [DALYs]) for the most commonly used oral health product: the toothbrush.

Introduction

In this issue of the *British Dental Journal*, we report the attributional life cycle analysis (LCA), performed by our team, on the environmental impact of the toothbrush. We concluded that a plastic manual replaceable-head toothbrush and bamboo manual toothbrush performed better than the traditional plastic manual and electric toothbrushes in every environmental impact outcome measure used in this study. In this article, we consider the next step – how can this information be used by clinicians and policymakers to make healthcare decisions? If we use toothbrushes as an example, which is the 'best' toothbrush to use? We propose that using the LCA to determine the negative impact on health will provide this information. We suggest the disability-adjusted life year

(DALY) measure as an outcome measure for this negative impact on health.

Environment and health

Improving the carbon footprint is a commonly used commitment to meet environmental goals.¹ Unfortunately, it is a misrepresentation of our total impact on the environment, which also includes other environmental measures, such as loss of biodiversity, ecotoxicity and air pollution. These broader environmental impacts have been linked with deterioration of human health.^{2,3} Air pollution continues to worsen, with its detrimental impact on personal health becoming increasingly clear. The LCA methodology generates this additional information; therefore, the logical next step is to use this to include the impacts of environmental damage on human health. A way of measuring this impact is by calculating the human health burden associated with their production, use and end-of-life disposal. Debaveye *et al.* demonstrated how this principle may be used in calculating the human health burden of psychiatric treatment.⁴

DALYs

The human health burden may be expressed in DALYs. DALYs are the number of years of life lost in a human population due to both morbidity (illness and disability) and

mortality (early death).⁵ DALYs can be calculated using LCA modelling, using the environmental impact associated with a product's manufacture, use and disposal. Using the data for the four toothbrushes in our original study,⁶ we calculated the DALYs lost from the act of one individual brushing their teeth over five years (the functional unit of that LCA). DALYs were calculated using ReCiPe 2016 Endpoint.⁷ All DALYs attributable to the functional unit were summated. As the numbers were low (five years of toothbrush use equates to just 20 toothbrushes or replaceable heads), the results have been expressed in hours, as seen in Table 1. The results show that an electric toothbrush has the most significant impact on DALYs – a total of ten DALY hours – which is over four times worse than the plastic manual toothbrush. At closer inspection, the majority of the total personal health harm (measured in DALYs) comes from the water consumption used in electricity production.

What is the potential impact of the DALY assessment?

The Cochrane review of electric versus manual toothbrushes highlighted that there is no evidence that any type of toothbrush is superior for caries prevention, although electric toothbrushes showed a 21% better plaque reduction when used for over three months.⁸

¹Trinity College Dublin, Department of Child and Public Dental Health, Dublin, Ireland; ²UCL, Paediatric Dentistry, 256 Gray's Inn Road, London, WC1 X8LD, UK; ³Botany, Trinity College Dublin, College Green, Dublin, Ireland; ⁴Director, Centre for Evidence based-Dentistry, Senior Lecturer, Dental Health Services Research Unit, School of Dentistry, University of Dundee, Dundee, UK; ⁵Independent Consultant, 85 Stanley Hill, Amersham, Buckinghamshire, HP7 9HH, UK; ⁶Eastman Dental Hospital, Department of Paediatric Dentistry, 47–49 Huntley Street, London, WC1E 6DG, UK. *Correspondence to: Brett Duane
Email address: Brett.Duane@dental.tcd.ie

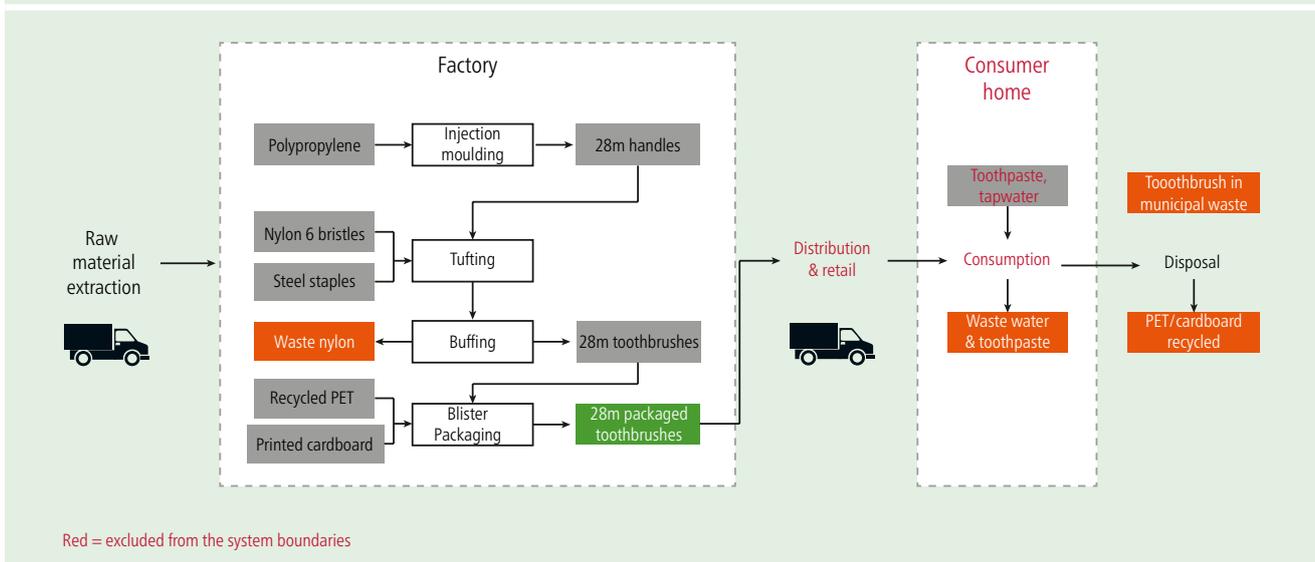
Refereed Paper.

Accepted 14 July 2020
<https://doi.org/10.1038/s41415-020-1993-9>

Table 1 DALYs lost due to one individual using a toothbrush over five years (displayed in DALY hours lost). Figures are rounded to four decimal places

Human health impact category	Electric toothbrush	Plastic manual toothbrush	Bamboo manual toothbrush	Plastic manual toothbrush with replaceable heads
Water consumption	9.8112	2.1024	0.4923	0.4359
Ionising radiation	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000
Global warming	0.0350	0.0227	0.0031	0.0046
Ozone formation	0.0008	0.0004	0.0001	0.0001
Fine particulate matter formation	0.1878	0.0631	0.0110	0.0127
Human carcinogenic toxicity	0.0007	0.0001	0.0000	0.0000
Stratospheric ozone depletion	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
Human non-carcinogenic toxicity	0.0082	0.0003	0.0001	0.0001
Total hours of DALYs lost over five years	10.0439	2.1892	0.5066	0.4434

Fig. 1 System boundaries for current manufacturing practice of producing 28 million plastic manual toothbrushes in a single year



If direct oral health management is largely a constant, the broader environmental impacts associated with each type of brush are the variable. The question that the reader, and in turn society, needs to consider is whether the marginal reported superiority of the electrical toothbrush is worth the DALY harm caused as part of the production, use and disposal process.

Modelling an 'ideal' toothbrush

Taking into consideration the two sides of the scales (DALYs vs environmental degradation), the research team at Trinity College Dublin and UCL decided to model the best possible manual toothbrush. This research decision was also influenced by the recent 'greener NHS' call for innovative solutions to reduce

carbon emissions in healthcare.⁹ The manual toothbrush was chosen, as it was clearly shown in our original study that an electric toothbrush was a long way from being environmentally friendly.

Our analysis started with the standard plastic manual toothbrush from the original LCA, which is manufactured in Switzerland. The functional unit was defined as the manufacture of 28 million manual toothbrushes over a 12-month period. The system boundary is shown in Figure 1.

The same LCA methodology as the original toothbrush study was used,⁶ following EU Product Environmental Footprint guidelines.¹⁰

To simplify the results, and in keeping with our thoughts above, we focused on two elements: the climate change impact

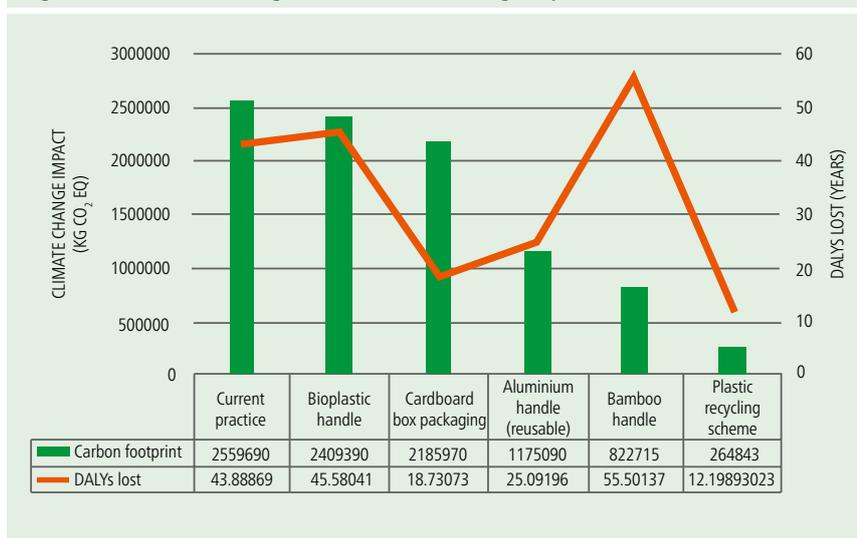
(measured in kg carbon dioxide equivalents [CO₂E], also known as carbon footprint) and the DALY impact (measured in years). The results showed that production of manual plastic toothbrushes in one year produced over 2.5 million kg CO₂E and over 43,000 DALYs. In addition, the analysis showed that the polypropylene plastic toothbrush handle had the greatest contribution to the overall carbon footprint (62%).

We then modelled potential changes to this current practice of toothbrush manufacture, in order to improve both the carbon footprint and DALY impact. The functional unit and location (a factory in Switzerland) were kept consistent in all the models. We investigated the impacts of using different materials for the handle, such as bioplastic, bamboo, aluminium and recycled plastic. We also considered the

Table 2 Changes to toothbrush manufacture and disposal in each model

Model	Manufacture			Disposal
	Making handle	Attaching bristles	Packaging	
Current practice	Polypropylene is injection-moulded into plastic handles	Nylon 6 and steel staples are used in tufting and buffing machines to make 28 million toothbrushes	Recycled PET: polyethylene terephthalate and a printed cardboard back are blister-packaged together to make 28 million packaged toothbrushes	The consumer puts the toothbrush in municipal waste, and the packaging in plastic and paper recycling waste
Bamboo handle	Bamboo is grown in China and transported to factory in Europe. It is shaped and heat-treated into bamboo handles	No change to current practice	No change to current practice	Bristles removed and put into municipal waste by consumer and wood handle recycled. Packaging put into paper and plastic recycling waste
Bioplastic handle	96% corn starch-based biopolymer is mixed with 4% polypropylene and injection-moulded into bioplastic handles	No change to current practice	No change to current practice	No change to current practice
Cardboard packaging	Polypropylene is injection-moulded into 28 million handles	No change to current practice	A single printed cardboard box packages 28 million toothbrushes	Cardboard box recycled and toothbrush put into municipal waste
Plastic recycling scheme	The manufacturer collects used toothbrushes and packaging from consumer. The nylon bristles and any degraded plastic (estimated 10%) is removed into municipal waste. The remaining plastic is cleaned, shredded and autoclaved. It is mixed with 10% new polypropylene to make new toothbrush handles and packaging	New tufting machine that does not require metal staples	Plastic packaging is recycled as per handle manufacture	Manufacturer collects toothbrush and packaging for recycling
Reusable aluminium handle	Recycled aluminium is cast and anodised into reusable handles. Reusable heads are made with plastic recycling scheme (see plastic recycling model)	New tufting machine that does not require metal staples	Plastic packaging is recycled as per plastic recycling scheme model	Consumer recycles aluminium handle after 20 years. The plastic heads and packaging are recycled by manufacturer

Fig. 2 Toothbrush modelling results for climate change impact and DALYs



packaging material; using a simple cardboard box or recycled plastic packaging. The specific manufacturing and disposal scenarios for each model are described in Table 2. The assumptions in our modelling were taken from our original paper and are explained in more detail in this report. Some assumptions (for

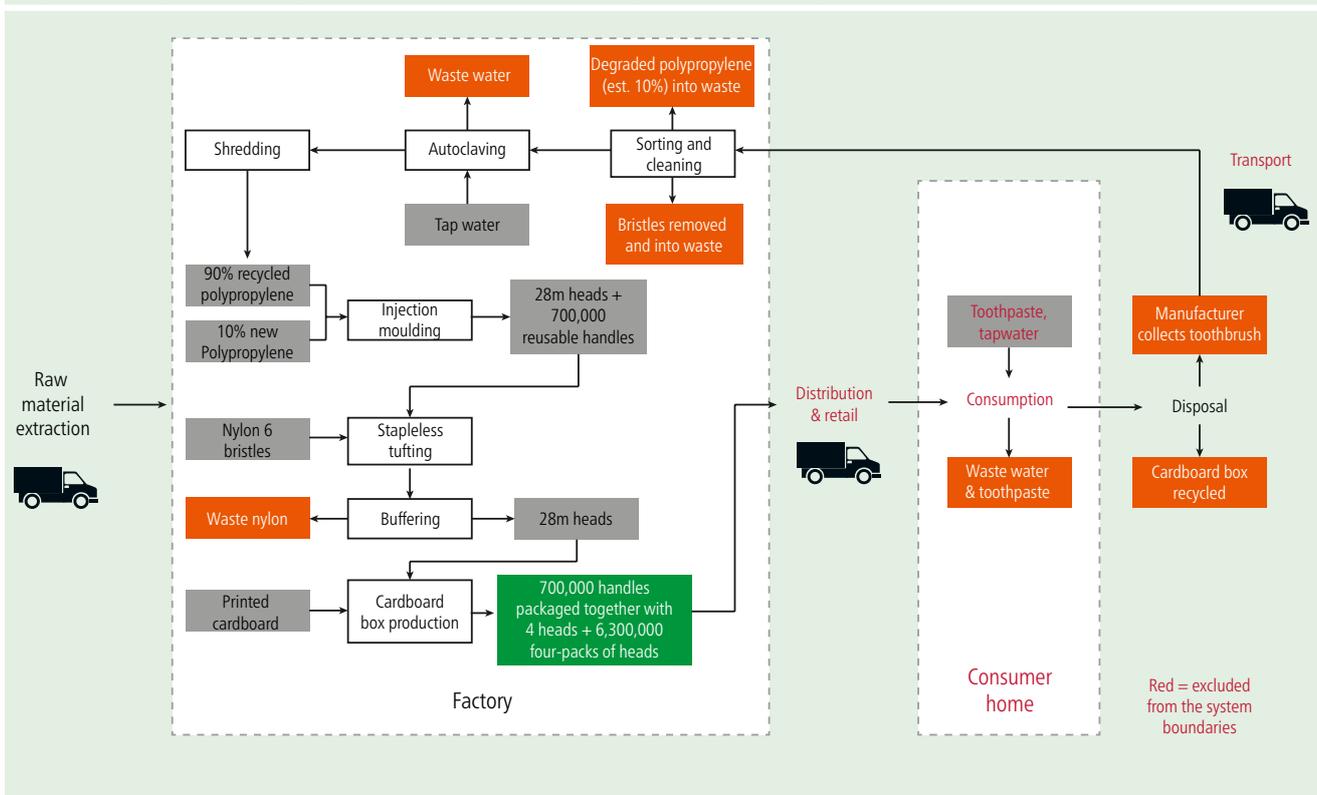
example, the plastic recycling processes) were based on discussions with industry experts.

The results for each model are shown in Figure 2. All scenarios considered showed an improvement on the overall carbon footprint compared to the current manufacture of plastic manual toothbrushes; however, the

DALY results were variable. Using bioplastic instead of polypropylene for the toothbrush handle yielded unfavourable results, as this only improved the carbon footprint by 6%, but increased the DALY by 4%. Although using a bamboo handle (compared with polypropylene plastic) improved the carbon footprint by 68%, the DALY actually increased by 26%. The most optimum balance between carbon footprint and DALYs were from the model that utilised a plastic recycling scheme (90% and 72% improvements, respectively). The details for this model are shown in Figure 3.

In this most balanced model (a plastic recycling scheme), the biggest impact was from the nylon bristles (responsible for 90% of the carbon footprint). In this model, and indeed with all the models in this study, the greatest contributing factor to the DALY result was the water used to produce electricity, which is in turn used in the manufacturing processes (responsible for 50–90% of the total DALY result, depending on the model). The generation of electricity consumes significant amounts of water (power plants use a steam turbine to generate electricity, which also requires water for cooling). It is possible that

Fig. 3 The LCA system boundary model for toothbrush manufacturing that uses a recycling scheme to reuse plastic from previous toothbrushes



alternative electricity production, such as solar photovoltaic and wind power, would have used less water and could have an impact on the results.¹¹ However, we have drawn our water consumption values from the database Ecoinvent v3.6, which are based on real-life electricity production in the countries of toothbrush manufacture (Switzerland and China).

The recycled plastic toothbrush model also assumed that the manufacturer takes responsibility for the collection and recycling of toothbrushes. This would likely have a big impact on their marketing and production costs, and relies on consumer compliance to return the recycled toothbrushes. It is unclear how well consumers would comply with this scenario, and the authors could not find evidence for how likely UK consumers are to comply with different recycling schemes and incentives. There is evidence that compliance plastic recycling can be as efficient as 80–95%, admittedly with small financial incentives (for example, the plastic bottle deposit schemes that are currently used in many countries worldwide).¹² Another way to model this scenario would have been the manufacturer purchasing used plastic from national recycling schemes.

Discussion

Personal and environmental health impact and toothbrush selection

This research has shown that a toothbrush which comes from recycled plastic is the most environmentally friendly option and produces the lowest DALY loss. This seems to provide a reasonably good fit to our society's current appetite for single-use plastic reduction and a potential market for manufacturers to explore.

Based on our analysis, manufacturers could innovate by focusing on plastic toothbrush recycling schemes. In the winning scenario, the manufacturer would offer a facility to collect used toothbrushes and packaging from consumers, possibly at the point of purchasing (eg collection bins at retailers). The nylon bristles and any degraded plastic (estimated 10%) would be removed and disposed of. Nylon is not currently recycled, but there are no reasonable recyclable alternatives on the market at this time. The remaining plastic could be cleaned, shredded and autoclaved (sterilised). A proportion of degraded, recycled plastic would need to be replaced with new polypropylene (we estimated 10% in this study), and this mix could then be used to make new toothbrush handles and packaging.

Consumer support is essential in creating a successful return scheme; similarities exist with battery and plastic marker pen collection schemes. This system would also require a ground shift in responsibility for recycling. Currently, there are private companies that offer recycling schemes to consumers, but recycling depot boxes cost upwards of £100. Innovative consideration of costs could lead to flexible costing models, including subscription schemes for consumers and retailers alike. This is an opportunity in waiting.

Mapping personal and environmental health impact of an oral health intervention

Health interventions often include a number of unquantifiable variables, which add a layer of complexity in terms of environmental appraisals. The toothbrush example is a rare one, in that it is a fairly straightforward item to model. A purely carbon analysis would have produced entirely different, and incomplete, results. The human impact that this analysis contributed has clearly demonstrated that policy decisions should be made on a balanced consideration of all impacts, not just carbon.

The authors believe that the evidence should now be used to explore the public's

perception, in discussion with manufacturers. This is a necessary next step in order to test the commercial viability of the proposed solution. Armed with a holistic analysis of environmental and human impacts, together with a substantial market/consumer engagement assessment, it can then be presented to policymakers as an evidence-based intervention that can contribute towards more sustainable consumption patterns. This study has shown the importance of not just focusing on environmental harm such as carbon emissions, but also considering other personal health-related harm such as DALYs.

Incorporating personal and environmental health impact metrics into guidance

When a local planning authority considers granting a permission for a project which may have significant impact on the environment, they can request an environmental impact assessment as part of the decision-making process.

Oral health guidance, such as the Scottish Dental Clinical Effectiveness Programme and the Public Health England guidance, provide an evidence-based structure to support the implementation of optimal oral health interventions.¹³ Increasingly, these recommendations are accompanied by evidence of clinical effectiveness (for example, reduction in decayed surfaces) or cost-effectiveness. The Cochrane oral health group publishes complementary reviews of evidence to help support the delivery of effective healthcare at an individual or population level.⁸

With growing evidence of the potential harm of healthcare systems and processes, this is a time to debate the need for an environmental impact assessment to accompany evidence-based guidelines. If an organisation like the Cochrane oral health group recommend a particular intervention (for example, use of fluoride toothpaste), then we recommend that the organisation collate the evidence of

an environmental impact assessment and associated human health harm – or, if at the time of writing there is no such information available, recommend one.

In industry, the responsibility to give equal consideration to profit, environment and social impact is often referred to as the ‘triple bottom line’. We advocate that healthcare policy should also consider their own ‘triple bottom line’ to ensure that they produce evidence-based guidelines that are not only clinically effective, but also make financial and environmental sense.

This is particularly relevant in the example used here (toothbrushes), where the evidence does not strongly suggest any intervention is necessarily ‘better’ than any other. The environmental impact analysis might provide sufficient information to recommend one intervention.

Conclusion

Prior to 1966, consumers purchased food items with very little (if any) nutritional labels.¹⁴ Now, it forms a major part of health-informed consumer choice. Although this paper focused on toothbrushes as an example, the authors advocate for a similar approach for all oral health products and even professionally administered interventions, with the need to measure and publish the data on their clinical efficacy and environmental impact using appropriate standardised methodology, like LCA. Discussion should take place as to whether this data should be included in the packaging of manufactured products or as part of an overall assessment by evidence-based guideline groups for oral health interventions.

Acknowledgements

This study was funded by the Eastman Dental Institute (University College London).

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

References

1. Sustainable Development Unit. Carbon footprint update for NHS in England 2015. 2016. Available online at <https://www.sduhealth.org.uk/policy-strategy/reporting/nhs-carbon-footprint.aspx> (accessed May 2020).
2. Wei Y, Wang Y, Di Q *et al*. Short term exposure to fine particulate matter and hospital admission risks and costs in the Medicare population: time stratified, case crossover study. *BMJ* 2019; DOI: 10.1136/bmj.l6258.
3. Peake B M, Braund R, Tong A Y C, Tremblay L A. *The Life-Cycle of Pharmaceuticals in the Environment*. Cambridge: Woodhead Publishing, 2016.
4. Debayeye S, De Soete W, De Meester S *et al*. Human health benefits and burdens of a pharmaceutical treatment: discussion of a conceptual integrated approach. *Environ Res* 2016; **144**: 19–31.
5. World Health Organisation. Health statistics and information systems. Metrics: Disability-Adjusted Life Year (DALY). 2020. Available at https://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/metrics_daly/en/ (accessed May 2020).
6. Lyne A, Ashley P F, Saget S *et al*. Combining evidence based healthcare with environmental sustainability: using the toothbrush as a model. *Br Dent J* 2020; in press.
7. The Netherlands National Institute for Public Health and the Environment. LCIA: the ReCiPe model. 2018. Available at <https://www.rivm.nl/en/life-cycle-assessment-lca/recipe> (accessed May 2020).
8. Yaacob M, Worthington H V, Deacon S A *et al*. Powered versus manual toothbrushing for oral health. *Cochrane Database Syst Rev* 2014; DOI: 10.1002/14651858.CD002281.pub3.
9. NHS England. A Net Zero NHS. 2020. Available at <https://www.england.nhs.uk/greenernhs/a-net-zero-nhs/> (accessed May 2020).
10. European Commission Joint Research Centre. Product Environmental Footprint Category Rules Guidance: Version 6.3. 2018. Available at https://eplca.jrc.ec.europa.eu/permalink/PEFCR_guidance_v6.3-2.pdf (accessed May 2020).
11. Meldrum J, Nettles-Anderson S, Heath G *et al*. Life cycle water use for electricity generation: a review and harmonization of literature estimates. *Environ Res Lett* 2013; DOI: 10.1088/1748-9326/8/1/015031.
12. BBC News. Plastic recycling: How do bottle deposit schemes work? 2018. Available at <https://www.bbc.co.uk/news/science-environment-43571269#:.~:text=Research%20by%20the%20parliamentary%20Environmental,95%25%20of%20their%20plastic%20bottles.&text=It%20operates%20a%20single%20recycling,in%20every%20local%20authority%20area> (accessed July 2020).
13. Department of Health. Delivering better oral health: an evidence-based toolkit for prevention. 2017. Available online at <https://www.gov.uk/government/publications/delivering-better-oral-health-an-evidence-based-toolkit-for-prevention> (accessed May 2020).
14. Institute of Medicine. *Front-of-Package Nutrition Rating Systems and Symbols: Phase 1 Report*. Washington DC: The National Academies Press, 2020.



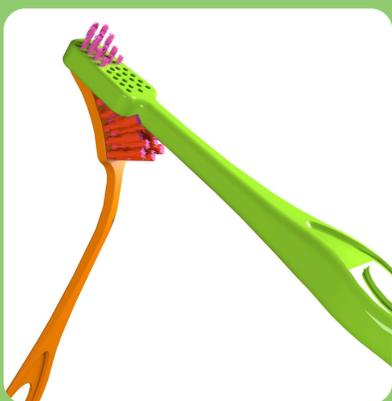
S A A D
Scuola di Ateneo

Architettura e Design
Eduardo Vittoria
Università di Camerino

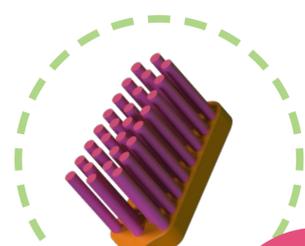


RI-BRUSH

RI- CICLAMMI



RACCOLTA
DELLA PLASTICA
18 g



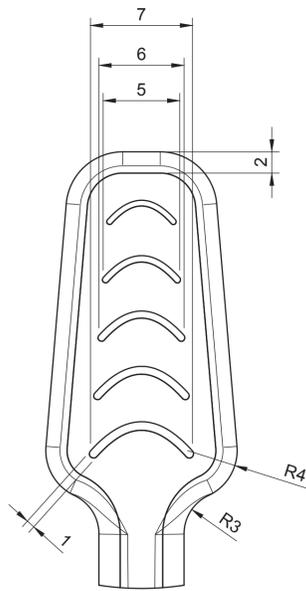
INDIFFERENZIATA
1 g



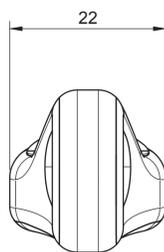
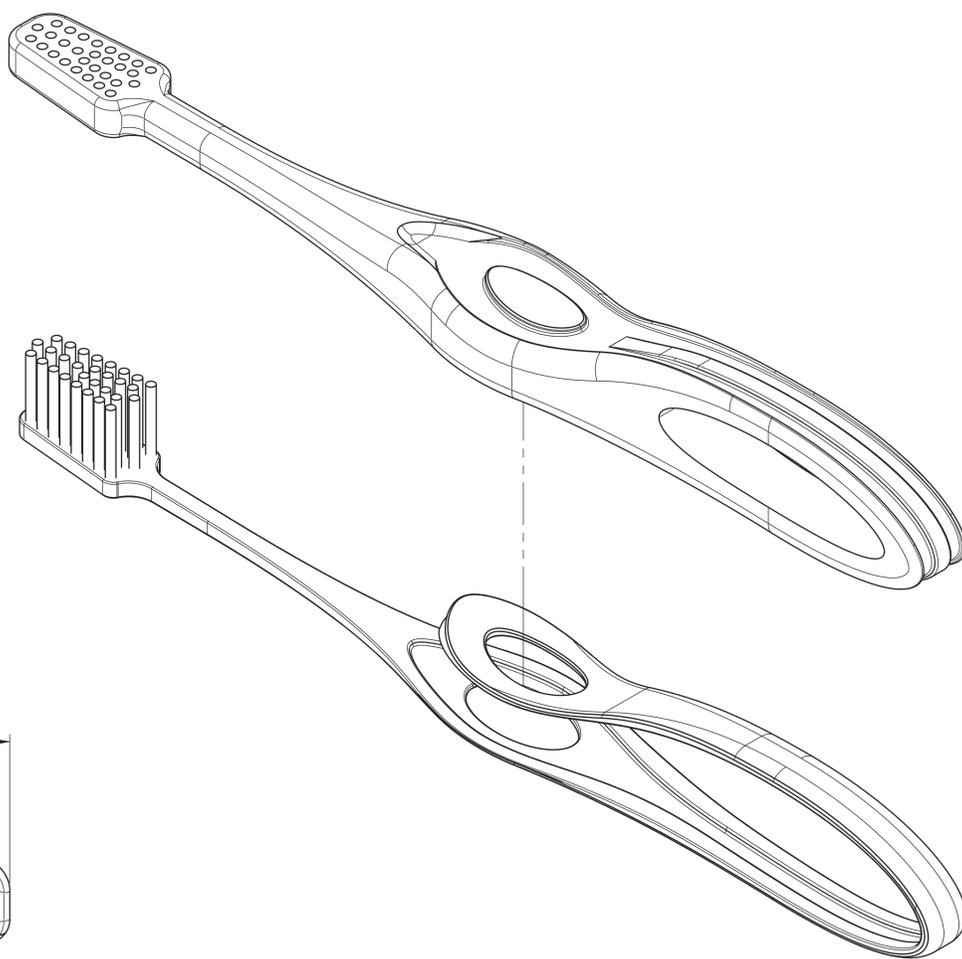
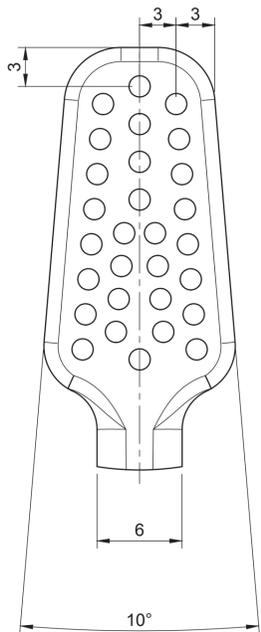
RACCOLTA
DELLA PLASTICA
4 g

PUOI RICICLARE IL 95% DEL SUO PESO

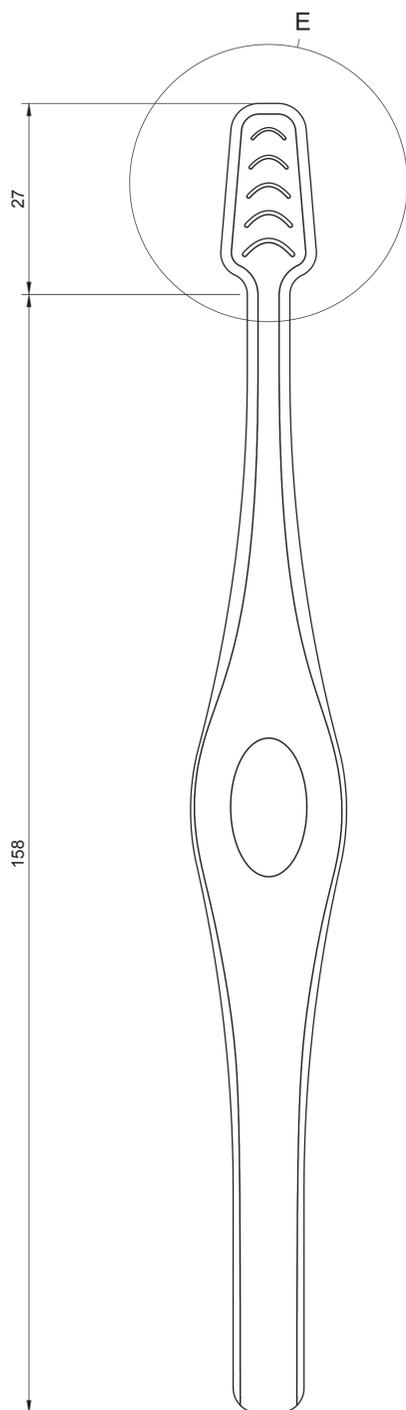
E (4:1)



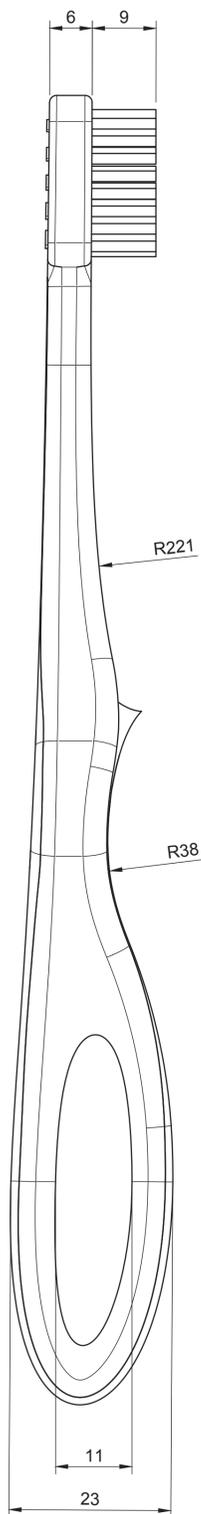
A (4:1)



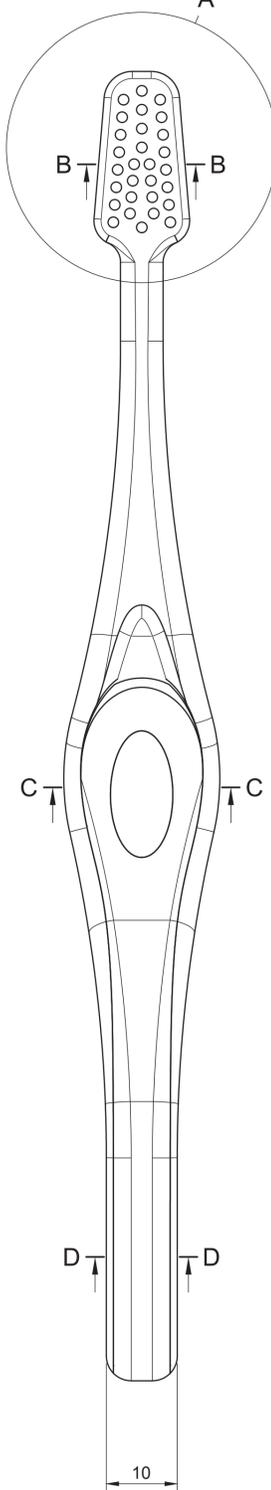
E



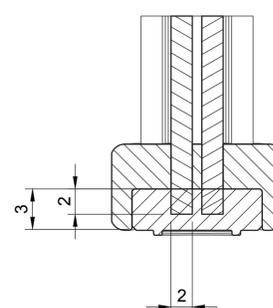
6 9



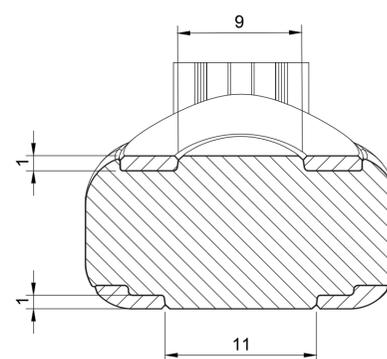
A



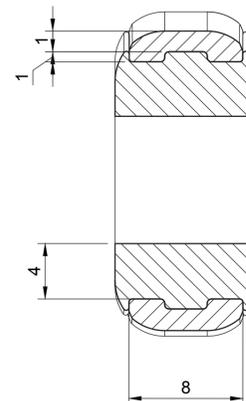
B-B (4:1)



C-C (4:1)



D-D (4:1)



Scala 2:1