



Cluster Tecnologico Nazionale Design, Creatività e Made in Italy

## **DESIGN NEXT MADE IN ITALY**

CTN02\_00053

## **PROGETTO FUNK-ITALY**

Progettazione di prodotti 'Made in Italy' funzionalizzati, innovativi e sostenibili

CTN02\_00053\_10024434

### **D.1.1 - Almeno due substrati selezionati**

Versione deliverable:	
Data	31/05/2019
Tipo di documento	Report
Stato del documento	Final
Autore/i	Daniele Spinelli
Livello di confidenzialità	

## Sommario

Partners.....	2
1 SOMMARIO .....	3
2 OBIETTIVI DEL PROGETTO .....	3
3 CONCLUSIONI .....	13
ALLEGATI .....	14

### Partner

Ragione sociale	Abbreviazione
Calzaturificio Gal.men S.R.L.	Gal.men
Città Studi S.p.A.	Città Studi
CNR-DIITET (Dipartimento ICT, Ingegneria, Tecnologie per Energia e i Trasporti)	CNR
Consorzio Interuniversitario Nazionale per la Scienza e Tecnologia dei Materiali	ISTM
COSMOB S.p.A.	COSMOB
G&P NEXT S.p.A.	G&P
Marchi & Fildi S.p.A. Industrie Italiane Filati	Marchi & Fildi
Morfeus S.p.A.	Morfeus
OTIR2020, Tuscany Fashion Cluster - NextTechnology Tecnotessile S.r.l.	OTIR2020-TFC
Università degli Studi di Firenze	UNIFI

## 1 SOMMARIO

Le attività riportate nel D1.1 sono relative alla selezione dei substrati tessili sulla base delle caratteristiche dei filati selezionati (composizione chimica, filati conteggi e tenacia), la struttura tessile più adatta (tipo di tessuto, fibre per filati, densità del tessuto, ecc) per raggiungere prestazioni fisiche e chimiche ed estetiche richieste dal mercato.

## 2 OBIETTIVI DEL PROGETTO

Conferire ad un tessuto proprietà particolari, che il materiale di base non possiede, è un processo ormai consolidato nell'ambito delle produzioni tessili. Si pensi ad esempio ai trattamenti anti-fiamma, largamente utilizzati per la realizzazione di capi d'abbigliamento e accessori destinati alla protezione individuale, ai trattamenti idro- e oleo-repellenti, diffusi non solo in ambito tecnico ma anche nell'abbigliamento tradizionale e fashion, ai trattamenti anti-batterici, utilizzati per il tessile medicale ma anche per conferire semplici effetti anti-odore. A queste funzionalizzazioni "classiche" è possibile aggiungerne alcune più recenti, come la termo-regolazione, la termo-cromia, l'insetto-repellenza, la protezione verso le radiazioni UV o le radiazioni elettromagnetiche, il rilascio di sostanze attive ad effetto cosmetico o terapeutico.

I processi di funzionalizzazione si basano convenzionalmente sul trattamento del substrato tessile con formulazioni, contenenti particolari specie chimiche, che vengono applicate direttamente al materiale mediante impregnazione, spalmatura superficiale o deposizione a spruzzo. In aggiunta a tale approccio, è però possibile eseguire dei pre-trattamenti del materiale tessile che lo rendono "reattivo", cioè in grado di accogliere ed eventualmente legare le molecole attive direttamente sulla sua superficie o nella sua massa. Tali processi vanno a creare sul tessuto delle strutture stabilmente ancorate a loro volta in grado di ricevere le molecole responsabili della funzione desiderata. Un esempio di tale tecnologia è rappresentato dal processo sol-gel, in grado di creare sul substrato tessile un reticolo inorganico stabile in cui è possibile includere differenti tipi di molecole. Oltre a tale processo, esistono altre tecnologie in grado di creare sulla superficie del materiale delle strutture che possono poi essere caricate, in un secondo passaggio, con svariati tipi di molecole attive che potranno essere chimicamente legate a siti reattivi o accolte all'interno di spazi tra le catene della struttura formata sulla superficie delle fibre. Un approccio di questo tipo presenta alcuni vantaggi rispetto alla funzionalizzazione diretta. In primo luogo, il pre-trattamento con le strutture sopra descritte, può rendere il tessile adatto a funzionalizzazioni che prima non era possibile eseguire a causa dell'incompatibilità chimica delle molecole attive con il substrato tessile. Infatti la natura chimica del tessile viene fondamentalmente modificata, rendendolo più reattivo alla successiva funzionalizzazione. Da questo primo aspetto, deriva la possibilità di ampliare la gamma di molecole utilizzabili e di conseguenza le proprietà che è possibile conferire al tessuto, facilitando anche la multi-funzionalizzazione. Un ulteriore potenziale vantaggio deriva dalla stabilità dell'interazione tra il tessuto e le strutture create, e tra queste e le molecole attive che è possibile caricare. Tale stabilità chimica si traduce in una maggiore resistenza a sollecitazioni meccaniche e chimiche (tipicamente derivanti dall'utilizzo e dalla manutenzione del tessile) e quindi ad una maggior durata delle proprietà conferite al tessuto.

La tecnologia cosiddetta "in plasma" è recente e prevede l'uso di un gas parzialmente ionizzato, detto plasma, composto da una miscela di elettroni, particelle cariche positivamente e negativamente, atomi

neutri e molecole. Ognuno di tali componenti può innescare reazioni chimiche e fisiche sulla superficie dei polimeri con cui entra in contatto in determinate condizioni e generare modificazioni transitorie o permanenti. L'applicazione della tecnologia nel campo tessile ha effetti particolari sulle fibre e sui tessuti: si tratta di trasformazioni che riguardano la sensazione tattile, la capacità di trattenere l'acqua, la proprietà antifeltrante, l'azione anti-macchia, tutte commercialmente molto interessanti. Il processo consiste nell'introdurre un tessuto in una camera dove viene creato il vuoto e dove, successivamente, viene fornita energia grazie ad un generatore a radio frequenza mentre si inietta un gas organico monomero: il processo così condotto porta alla deposizione di un film siliconico sottilissimo - lo spessore è misurato in nanometri - sui tessuti trattati, i quali hanno assunto così nuove proprietà.

La funzionalizzazione dei tessuti risponde alla richiesta di materiali dotati di prestazioni particolari in grado di renderli adatti ai più diversi utilizzi, sia nell'ambito dell'abbigliamento tradizionale che in quello dell'abbigliamento tecnico. In aggiunta al normale trattamento diretto del tessuto con formulati di diversa natura, è possibile modificare il substrato tessile rendendolo reattivo nei confronti di successivi trattamenti di funzionalizzazione. Tale approccio può rendere più semplice la realizzazione di tessuti multifunzionali, aumentare la resistenza alla manutenzione dei trattamenti eseguiti e di conseguenza la durata nel tempo della funzione conferita.

Nell'ottica di selezionare substrati adeguati al design made in Italy, sono stati individuati indicatori chiave da raggiungere:

Per il tessile	Per la pelle:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistenza alla trazione &gt; 150 N (secondo la norma ISO 13934-1)</li> <li>• Resistenza Pilling &gt; 2 (secondo ISO 12945)</li> <li>• Stabilità dimensionale &lt; 3% (secondo EN 25077)</li> <li>• Solidità del colore alla luce &gt; 2 (secondo ISO 105B-02)</li> <li>• Solidità del colore al sudore &gt; 2 (secondo ISO 105E-04)</li> <li>• Solidità del colore al lavaggio &gt; 3 (secondo ISO 105C-06)</li> <li>• Solidità del colore alla lavanderia &gt; 3 (secondo ISO 105D-01)</li> <li>• Comfort Termofisiologico &gt; 0,3 (secondo la norma ISO 11092)</li> <li>• Design del prodotto in linea con i principi ispiratori del MII</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• crocking &gt; classe 3 (ASTM D 5053)</li> <li>• Resistenza all'abrasione &gt; 1.000 cicli (ASTM D-7225)</li> <li>• Flex &gt; 50.000 cicli (ASTM D-2097)</li> <li>• Resistenza alla trazione &gt; 400 N (ASTM D-2208)</li> <li>• resistenza alla luce &gt; 3 (AATCC 16 E)</li> <li>• Design del prodotto in linea con i principi ispiratori del MII</li> </ul>

Tessuti per Materassi selezionati dal partner Morfeus S.p.A.:

Tess. LSA Cover 1

**TEXCAR melange**

**SCHEDA TECNICA E DI MANUTENZIONE TESSUTI**

ARTICOLO: FXV380092006 SILVER LINE MST  
400 GR. MQ. H. 230 CM

COLORE: 1999

**DATI TECNICI**

COMPOSIZIONE: 74%POLYESTER 24%VISCOSA 1%CASHMERE/VISCOSA 1% ARG 200

ALTEZZA TOTALE TESSUTO FINITO IN CM (+/- 5%): 230

PESO DEL TESSUTO FINITO IN GR./MQ. (+/- 5%): 400

LUNGHEZZA MEDIA DELLA PEZZA FINITA IN MT: 29

ARMATURA: SUPER IMBOTTITO

TRATTAMENTI PARTICOLARI: ///

**TESTI PROVE RIPORTATE**

Prova	Risultato	Metodo
RESISTENZA ALL'ABRASIONE (MARTIN DALE):	10000	ISO 12947/2
SOLIDITA' DEI COLORI ALLA LUCE ARTIFICIALE (XENOTEST)	4	ISO 105B02
SOLIDITA' DEI COLORI ALLO SFREGAMENTO A SECCO:	4	ISO 105D01
SOLIDITA' DEI COLORI ALLO SFREGAMENTO A UMIDO:	4	ISO 105C03
SOLIDITA' DEI COLORI AL SUDORE PH=8:	4	ISO 105E04
STABILITA' DIMENSIONALE AL LAVAGGIO IN ACQUA A 40°:	-2%	UNI 26330 (SA)

**ISTRUZIONI MANUTENZIONE:**

40 °C

5

**ARTICOLO:** FXV380092006

**SILVER SAVE MST**  
**400 GR. MQ. H. 230 CM**

**COLORE:** 1999

1999

### DATI TECNICI

**COMPOSIZIONE:** 74%POLYESTER 24%VISCOSA 1%CASHMERE/VISCOSA 1% ARG

**ALTEZZA TOTALE TESSUTO FINITO IN CM (+/- 5%):** 230

**PESO DEL TESSUTO FINITO IN GR./MQ. (+/- 5%):** 400

**LUNGHEZZA MEDIA DELLA PEZZA FINITA IN MT:** 29

**ARMATURA:** SUPER IMBOTTITO

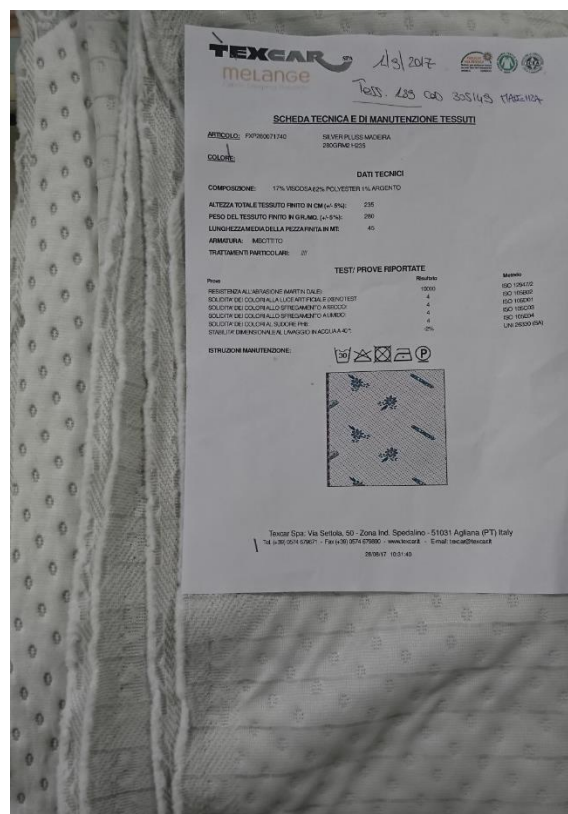
**TRATTAMENTI PARTICOLARI:** ///

### TEST/ PROVE RIPORTATE

Prova	Risultato	Metodo
RESISTENZA ALL'ABRASIONE (MARTIN DALE):	10000	ISO 12947/2
SOLIDITA' DEI COLORI ALLA LUCE ARTIFICIALE (XENOTEST)	4	ISO 105B02
SOLIDITA' DEI COLORI ALLO SFREGAMENTO A SECCO:	4	ISO 105D01
SOLIDITA' DEI COLORI ALLO SFREGAMENTO A UMIDO:	4	ISO 105C03
SOLIDITA' DEI COLORI AL SUDORE PH=8:	4	ISO 105E04
STABILITA' DIMENSIONALE AL LAVAGGIO IN ACQUA A 40°:	-2%	UNI 26330 (SA)

**ISTRUZIONI MANUTENZIONE:**





## SCHEDA TECNICA E DI MANUTENZIONE TESSUTI

**ARTICOLO:** FXP280071740

**SILVER PLUSS MADEIRA**  
**280GRM2 H235**

**COLORE:**

### **DATI TECNICI**

**COMPOSIZIONE:** 17% VISCOSA 82% POLYESTER 1% ARGENTO

**ALTEZZA TOTALE TESSUTO FINITO IN CM (+/- 5%):** 235

**PESO DEL TESSUTO FINITO IN GR./MQ. (+/- 5%):** 280

**LUNGHEZZA MEDIA DELLA PEZZA FINITA IN MT:** 45

**ARMATURA:** IMBOTTITO

**TRATTAMENTI PARTICOLARI:** ///

### **TEST/ PROVE RIPORTATE**

Prova	Risultato	Metodo
RESISTENZA ALL'ABRASIONE (MARTIN DALE):	10000	ISO 12947/2
SOLIDITA' DEI COLORI ALLA LUCE ARTIFICIALE (XENOTEST)	4	ISO 105B02
SOLIDITA' DEI COLORI ALLO SFREGAMENTO A SECCO:	4	ISO 105D01
SOLIDITA' DEI COLORI ALLO SFREGAMENTO A UMIDO:	4	ISO 105C03
SOLIDITA' DEI COLORI AL SUDORE PH8:	4	ISO 105E04
STABILITA' DIMENSIONALE AL LAVAGGIO IN ACQUA A 40 °:	-2%	UNI 26330 (SA)

**ISTRUZIONI MANUTENZIONE:**



**TEXCAR**  
**freelance**

TEST ABC COVER 5

**SCHEDA TECNICA E DI MANUTENZIONE TESSUTI**

ARTICOLO: FR062031  
SILVER MST  
470 GR. MQ. H. 230 CM

COLORE: BI

COMPOSIZIONE: 100%PL

**DATI TECNICI**

ALTEZZA TOTALE TESSUTO FINITO IN CM (+/- 5%): 230  
PESO DEL TESSUTO FINITO IN GR./MQ. (+/- 5%): 470  
LUNGHEZZA MEDIA DELLA PEZZA FINITA IN MT: 28

ARMATURA: SUPER IMBOTTITO

TRATTAMENTI PARTICOLARI: ///

**TEST/ PROVE RIPORTATE**

Prova	Risultato	Metodo
RESISTENZA ALL'ABRASIONE (MARTIN DALE):	10000	ISO 12947/2
SOLIDITA' DEI COLORI ALLA LUCE ARTIFICIALE (XENOTEST):	4	ISO 105B02
SOLIDITA' DEI COLORI ALLO SFREGAMENTO A SECCO:	4	ISO 105D01
SOLIDITA' DEI COLORI ALLO SFREGAMENTO A UMIDO:	4	ISO 105C03
SOLIDITA' DEI COLORI AL SUDORE PH8:	4	ISO 105E04
STABILITA' DIMENSIONALE AL LAVAGGIO IN ACQUA A 40 °:	-2%	UNI 26330 (SA)

**ISTRUZIONI MANUTENZIONE:**

40 °  
X  
X  
+  
P

Texcar SpA - Via Caltabz, 50 - Zona Ind. Spedare - 01031 Agostino (PT) Italy  
Tel. 0578 974111 - Fax 0578 974111 - email: texcar@texcar.it

1 di 1

06/10/2020, 16:32

## SCHEDA TECNICA E DI MANUTENZIONE TESSUTI

**ARTICOLO:** FR062031

**SILVER MST**  
**470 GR. MQ. H. 230 CM**

**COLORE:** BI

**bianco**

### **DATI TECNICI**

**COMPOSIZIONE:** 100%PL

**ALTEZZA TOTALE TESSUTO FINITO IN CM (+/- 5%):** 230

**PESO DEL TESSUTO FINITO IN GR./MQ. (+/- 5%):** 470

**LUNGHEZZA MEDIA DELLA PEZZA FINITA IN MT:** 28

**ARMATURA:** SUPER IMBOTTITO

**TRATTAMENTI PARTICOLARI:** ///

### **TEST/ PROVE RIPORTATE**

Prova	Risultato	Metodo
RESISTENZA ALL'ABRASIONE (MARTIN DALE):	10000	ISO 12947/2
SOLIDITA' DEI COLORI ALLA LUCE ARTIFICIALE (XENOTEST):	4	ISO 105B02
SOLIDITA' DEI COLORI ALLO SFREGAMENTO A SECCO:	4	ISO 105D01
SOLIDITA' DEI COLORI ALLO SFREGAMENTO A UMIDO:	4	ISO 105C03
SOLIDITA' DEI COLORI AL SUDORE PH8:	4	ISO 105E04
STABILITA' DIMENSIONALE AL LAVAGGIO IN ACQUA A 40 °:	-2%	UNI 26330 (SA)

**ISTRUZIONI MANUTENZIONE:**



Pelli per calzatura selezionate dal partner Calzaturificio Gal.men S.R.L.:

Product Category	<input checked="" type="checkbox"/> Raw Material <input type="checkbox"/> Finished Product <input type="checkbox"/> Panel	Sample Description	(A) Velour warm chestnut brown A9074 Burberry spring SS21_Tested component: surface (B) Velour warm chestnut brown A9074 Burberry spring SS21_Tested component: substrate (C) Velour warm chestnut brown A9074 Burberry spring SS21_Tested component: whole sample (D) Velour warm chestnut brown A9074 Burberry spring SS21_Tested component: coating
Burberry Fabric / Leather/Trims Code	AARVR	Other Burberry Fabric / Leather / Trims Code	
Burberry Material Number (SAP Number)	1234567	Package Code	RM-NAP-NUB-PHY, RM-NAP-NUB-CF, RM-LEA-CHE
Burberry Colour Code & Description (NRF Code)	Warm chestnut brown A9074	Burberry Style Name	Not known at time of request

Picture



Product Department	<input type="checkbox"/> Apparel - Textile <input type="checkbox"/> Apparel - Leather <input type="checkbox"/> Apparel - Trims <input type="checkbox"/> Apparel - Finished products <input type="checkbox"/> Non Apparel - Hard Accessories <input type="checkbox"/> Non Apparel - Soft Accessories <input type="checkbox"/> Non Apparel - Trims <input checked="" type="checkbox"/> Non Apparel - Leather <input type="checkbox"/> Non Apparel - Footwear <input type="checkbox"/> Unknown at time of request <input type="checkbox"/> Apparel - Down <input type="checkbox"/> Apparel - PU	Product Area	<input type="checkbox"/> Mainline <input type="checkbox"/> Runway <input checked="" type="checkbox"/> Unknown at time of request
Product Division	<input type="checkbox"/> Infant <input type="checkbox"/> Kids <input checked="" type="checkbox"/> Mens <input checked="" type="checkbox"/> Womens <input type="checkbox"/> Newborn <input type="checkbox"/> Not known at time of request		
Country Of Origin	Italy	Season	Spring 21
Raw Material Supplier/Tannery Name	Conceria M2	Vendor Name	
Composition Claimed	LINING 100% CALF SPLIT LEATHER	Care Instruction	BL100
Dyed & Washed Products		Additional Process	<input type="checkbox"/> Placement print <input type="checkbox"/> Fused <input type="checkbox"/> Interlined <input type="checkbox"/> Bonded <input type="checkbox"/> Hot Process (Leather finished product only) <input checked="" type="checkbox"/> Not Applicable
Product End Use	Not known at time of request	Weight (g/ms)	800
Batch Number		Water Repellency Fabric	<input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Unknown at time of request
Material Details	Leather Tan Chrome	Claimed Properties	Not Applicable



Test	Sample	Pass	Fail	Comments
Abrasion Resistance (Martindale)	C	X		
AP & APEO	C	X		
AP & APEO	C	X		
Banned Azo dyes	C	X		(*)X(1), (*)MDA, (*)TDA
Chromium VI soluble after ageing	C	X		
Colour Fastness to Light	C	X		(*)t
Colour Fastness to Rubbing / Crockmeter	C	X		(*)s
Colour Fastness to Water (ISO)	C	X		(*)s
Colour Fastness to Water spotting	C	X		(*)s
Determination of volatile matter	C	#		(*)4684
Formaldehyde	C	X		
Heavy Metals - extractable	C	X		
pH of aqueous extract	C	X		
Phthalates	A	X		
Phthalates	C	X		
Phthalates	D	N/A		

Pass = Meets Burberry Requirements

Fail = Below Burberry Requirements

\* = See Remark

X' = Conditionally Approved

- = Did Not Perform

N/A = Not Applicable

# = No Specified Requirement

Denominazione:			
Analisi commissionate da:	FABRIZIO PACE	Articolo:	SENSORY
Colore:	TAIGA	Destinazione d'uso:	



**Immagine del Campione no°: 2022784**

<b>ESITO FINALE:</b>	<b>Pass</b>
L'esito Pass in oggetto non tiene conto dei risultati di eventuali analisi per le quali non sia definito il requisito da applicare: per quanto concerne le analisi data only si consiglia pertanto di far riferimento al dettaglio analitico presente all'interno del documento.	

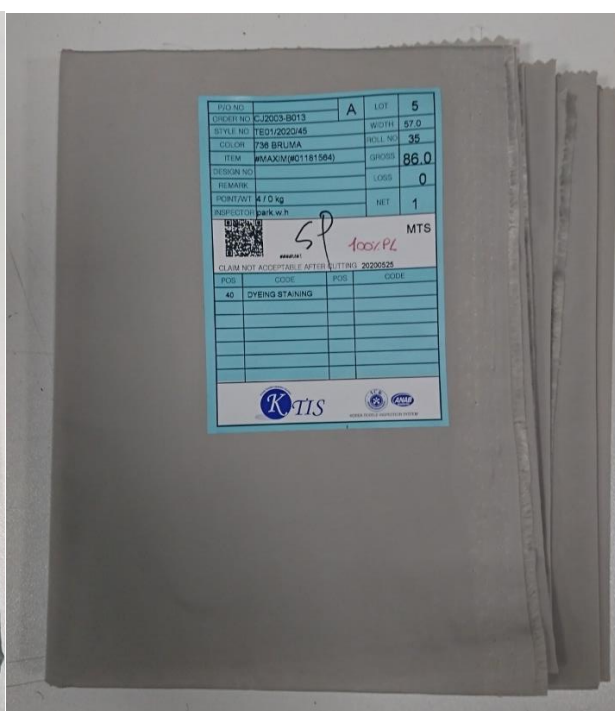
SUPPLIER	Conceria M2			SEASON	AI 21-22	
ARTICLE	Sensory			GALMEN ARTICLE	Sensory	
COMMON NAME	Vitello			LATIN NAME	Bos Taurus	
COUNTRY OF ORIGIN	Francia –Austria			MEDIUM SIZE	10 pq	
				SIZE RANGE	From 8/0.7 sqf/sqm To 12/1.1 qf/sqm	
FARMED/WILD	Allevamento			THICKNESS	1.1-1.3	
LEATHER FINISH	NUBUCK (Nabuck) x SUEDE (Scamosciati) <input type="checkbox"/> ANILINE (Anilina) <input type="checkbox"/> SEMI-ANILINE (Semi-Anilina) <input type="checkbox"/> LAMINATI (Laminati) <input type="checkbox"/> PIGMENTED (Pigmentati) <input type="checkbox"/> PATENT (Verniciati) <input type="checkbox"/> ABRASIVATED (Abrasivati) <input type="checkbox"/> OTHER (Altro) _____ <small>Please specify – Per favore specificare</small>			DYEING	★ PENETRATIVE (Passante) ★ DRUM (in Botte) <input type="checkbox"/> SPRAY (a Spruzzo) <input type="checkbox"/> _____	
TREATMENT	<input type="checkbox"/> WATER REPELLENCY (Idrorepellenza) <input type="checkbox"/> ANTISCRATCH (Antigraffio) <input type="checkbox"/> _____			TANNAGE	★ CHROME (Cromo) <input type="checkbox"/> VEGETABLE (Vegetale) <input type="checkbox"/> MIXED (Mista) <input type="checkbox"/> OTHER (Altro) _____ <small>Please specify – Per favore specificare</small>	
COMMODITY CODE	41071910			FINAL ASPECT	Crosta scamosciata chiusa, brillante e scrivente	
MINIMUM QUANTITIES & LEAD TIMES		MINIMUM QTY PER COLOUR	LEAD TIMES	PRICE	29.00 eu/mq	6 MONTHS VALIDITY
	PRODUCTION	45_sqm flessibili	4/5 settimane			
LEATHER SELECTION	1 <sup>ST</sup> (1 <sup>A</sup> SCELTA)	2 <sup>ND</sup> (2 <sup>A</sup> SCELTA)	3 <sup>RD</sup> (3 <sup>A</sup> SCELTA)	NOTES		
	70%	20%	10%			
	Please advise of possible price reductions Attenzione: Prego segnalare eventuali deprezzamenti					
SPECIAL INSTRUCTION ON LEATHER WORKING PROCESS (INDICAZIONI PARTICOLARI DI UTILIZZO PER LA LAVORAZIONE DEL PELLAME)	LWG SILVER CERTIFICATION					
SPECIAL INSTRUCTION ON LEATHER CARE AND CLEANING (INDICAZIONI PARTICOLARI PER LA PULIZIA DEL PELLAME)	Pulire con panno leggermente bagnato					



Art. Candy

Sample 01			
Test	Pass	Fail	Failure result
Leather - chemical determination of chromium (VI) content in leather - Thermal pre-ageing of leather and determination of hexavalent chromium - Test Method: ISO 10195: 2018 + ISO 17075-1: 2017	X		
Determination of certain AZO colorants in dyed leathers. Part 1: Determination of certain aromatic amines derived from azo colorants - Test Method: UNI EN ISO 17234-1: 2015	X		
Chemical determination of formaldehyde content Part 1: Method using high performance liquid chromatography - Test Method: UNI EN ISO 17225-1: 2008	X		
Determining Total Lead (Pb) in Nonmetal Children's Products - Test Method: CPSC-CH-E1002-08.3: 2012	X		
Determination of pH - Test Method: UNI EN ISO 4045: 2008	X		
Determination of flex resistance Part 1: flexometer method - Test Method: UNI EN ISO 5402-1: 2017	X		
Abrasion resistance - Test Method: UNI EN 19520: 2008	X		
Colour fastness to cycles of to-and-fro rubbing - Test Method: UNI EN ISO 11640: 2013		X	WET Trial - 20 cycles: 1/2 Grey scale index
Colour fastness to artificial light: xenon arc fading lamp test - Test Method: UNI EN ISO 105-B02: 2014 Par 8.3 met 5	X		

Tessuti per abbigliamento selezionati dal partner G&P NEXT S.p.A.:





Partendo dalle specifiche esigenze di mercato, le aziende hanno selezionato i seguenti substrati in linea con le applicazioni per i settori coinvolti:

Materassi - Tessuto 74% PL/24%Viscosa/1%Cashmere/Viscosa1%Arg (SILVER SAVE MST)

Calzatura - Pelle Candy “C”

Abbigliamento – 100% PL e 50%PL/50%CO.

Il partner UNIFI ha selezionato tessuti 100% PL (Silver MST), 50%PL/50%CO e la stessa pelle per la realizzazione di prototipi tramite un’attività di design mirata.

### 3 CONCLUSIONI

Gli end-users produrranno i prototipi finali dei prodotti per i settori di pertinenza (Abbigliamento, calzature, materassi) a partire dai substrati trattati mediante processo plasma al fine di conferire proprietà di idro ed oleorepellenza.

## ALLEGATI

-



Cluster Tecnologico Nazionale Design, Creatività e Made in Italy

## **DESIGN NEXT MADE IN ITALY**

CTN02\_00053

## **PROGETTO FUNK-ITALY**

Progettazione di prodotti 'Made in Italy' funzionalizzati, innovativi e sostenibili

CTN02\_00053\_10024434

### **D.1.2 - Almeno tre precursori selezionati**

Versione deliverable:	
Data	30/08/2019
Tipo di documento	Report
Stato del documento	Final
Autore/i	Daniele Spinelli
Livello di confidenzialità	

## Sommario

<b>Partner</b> .....	<b>2</b>
<b>1 SOMMARIO</b> .....	<b>3</b>
<b>2 OBIETTIVI DEL PROGETTO</b> .....	<b>4</b>
<b>3 CONCLUSIONI</b> .....	<b>8</b>
<b>RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI</b> .....	<b>9</b>

### Partner

<b>Ragione sociale</b>	<b>Abbreviazione</b>
Calzaturificio Gal.men S.R.L.	Gal.men
Città Studi S.p.A.	Città Studi
CNR-DIITET (Dipartimento ICT, Ingegneria, Tecnologie per Energia e i Trasporti)	CNR
Consorzio Interuniversitario Nazionale per la Scienza e Tecnologia dei Materiali	INSTM
COSMOB S.p.A.	COSMOB
G&P NEXT S.p.A.	G&P
Marchi & Fildi S.p.A. Industrie Italiane Filati	Marchi & Fildi
Morfeus S.p.A.	Morfeus
OTIR2020, Tuscany Fashion Cluster - NextTechnology Tecnotessile S.r.l.	OTIR2020-TFC
Università degli Studi di Firenze	UNIFI



## 1 SOMMARIO

Negli ultimi anni anche i trattamenti effettuati mediante la tecnologia a plasma freddo stanno mostrando risultati promettenti nel campo della ricerca. Essa è uno dei pochi metodi che consente di legare in modo covalente piccoli gruppi funzionali e composti macromolecolari a substrati tessili senza l'utilizzo di solventi o prodotti chimici, che potrebbero destare preoccupazioni a livello ambientale.

Poiché le modifiche apportate al materiale coinvolgono solo gli strati superficiali, tale tecnologia non altera le proprietà fisico-meccaniche del substrato.

Diversi sono gli obiettivi che possono essere raggiunti tra cui la modifica della struttura superficiale del materiale e/o funzionalizzazione utilizzando gas non polimerizzabili ( $N_2$ ,  $H_2$ ,  $O_2$ , Ar,  $NH_3$ ,  $CO_2$ ), la deposizione di un film sottile sulla superficie del materiale generando il plasma a partire da un organosilicone o un composto organometallico volatile.

Inoltre è possibile realizzare la polimerizzazione al plasma in due passaggi: il plasma viene utilizzato inizialmente solo per attivare la superficie del materiale (incisione) prima dell'innesto a polimero preformato. La preformatura del polimero avviene in un passaggio separato in una soluzione contenente il monomero che polimerizza per riscaldamento o grazie a radiazioni UV o gamma. La polimerizzazione dell'innesto indotta da plasma (PIGP) consiste in un unico step che include sia l'attivazione della superficie con simultaneo innesto che la polimerizzazione di un monomero non volatile [1-3].

Attualmente l'utilizzo di tale tecnologia è principalmente limitato all'interno di alcuni settori industriali come quello della microelettronica, delle vernici e dei rivestimenti.

Applicazioni di tale tecnica sono state effettuate anche nel campo tessile e, negli ultimi anni, studi [4] hanno dimostrato che essa può essere impiegata come pretrattamento di mordenzatura per migliorare le proprietà FR del cotone, che successivamente viene trattato con un composto organico a base di fosforo, resina melamminica (come agente reticolante), acido fosforico (come catalizzatore) e ossido di zinco (come co-catalizzatore).

La tecnologia a plasma atmosferico per fibre e filati aumenta in misura considerevole la bagnabilità dei tessuti, favorendo un'adesione stabile nel tempo di coloranti privi di solvente organico. Essa permette di conferire la solidità a lungo termine dei colori nei processi di stampa e di tintura, affiancata ad una riduzione delle materie prime utilizzate nei processi convenzionali.

I processi a plasma permettono di ridurre l'impiego di prodotti chimici anche nelle applicazioni di resine in soluzione o dispersione acquosa, garantendo un'elevata qualità dei prodotti tessili, oltre a poter impartire nuove proprietà alle fibre senza l'ausilio di successivi coating. La tecnologia si configura principalmente come processo di finissaggio ed ha il pregio di non modificare le proprietà di mano e le proprietà organolettiche dei tessuti.



(A)

(B)

Figura 1 – Tessuto e pelle resi super-idrorepellenti con processo a plasma freddo.

Il trattamento a plasma avviene solitamente in modalità roll-to-roll e può essere facilmente integrato in linea con il processo produttivo (Figura 2).

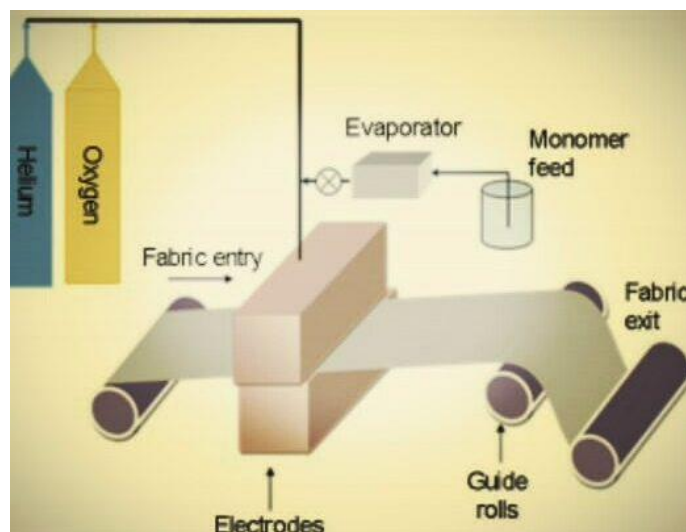


Figura 2 – Trattamento plasma roll to roll per tessuti.

Le modifiche indotte dal trattamento plasma hanno effetto sugli strati superficiali del substrato e non alterano le proprietà fisiche/meccaniche generali del materiale. Le tecnologie del plasma sono considerate come efficienti dal punto di vista energetico, rispettose dell'ambiente e completamente asciutte. Poiché il trattamento con plasma è un processo a secco, non usa acqua o energia per l'evaporazione dei solventi; inoltre, dato che il processo riguarda solo gli strati superficiali, minimizza quindi la quantità di sostanze chimiche utilizzate. Quindi il trattamento con plasma si stima avere impatto ambientale molto basso.

## 2 OBIETTIVI DEL PROGETTO

### **Proprietà idro ed oleorepellente mediante composti fluorurati**

Il trattamento eseguito su un tessuto per renderlo idrorepellente, fa sì che il tessuto non assorba sostanze acquose quando ne viene a contatto (es. bibite, caffè, vino, ecc.) mentre il trattamento oleorepellente fa sì che il tessuto non assorba sostanze oleose (es. gelati, insalata, sughi, ecc.) Quando entrambi i trattamenti vengono eseguiti il tessuto può essere definito antimacchia.

Attualmente i processi al plasma si stanno imponendo come alternativa al finissaggio classico in quanto permettono di ridurre l'impiego di prodotti chimici anche nelle applicazioni di resine in soluzione o dispersione acquosa, garantendo un'elevata qualità dei prodotti tessili, senza l'ausilio di successivi coating. La tecnologia si configura principalmente come processo di finissaggio senza che vengano modificate le proprietà di mano ed organolettiche dei tessuti.

È possibile con il plasma attivare la superficie dei tessuti iniettando prodotti chimici (gas o monomeri) che sotto la pressione atmosferica vanno a creare specie reattive superficiali che facilitano la successiva adesione di sostanze in grado di impartire l'effetto idro o oleorepellente richiesto. Gli studi dicono che l'ossidazione, o la reattività superficiale può variare dal tipo di gas utilizzato (anche miscele di gas) dalla pressione e dalla struttura del tessuto. Una simulazione di quello che potrebbe accadere se si utilizzasse il gas argon nel plasma è riportato di seguito [5]. In fig.3 sono rappresentate alcune

delle possibili scissioni sulla catena superficiale del tessuto. Gli ioni e gli elettroni di argon bombardando il tessuto possono causare diversi tipi di modifiche come: la rottura del legame C-H nelle unità CH<sub>2</sub> delle catene polimeriche (percorso A), del legame C-O nelle unità CH<sub>2</sub>-O-C (O) (Percorso B e C), del legame C-C in unità C (O)-Ph (Percorso D). Di conseguenza, molti tipi di radicali di carbonio e ossigeno possono essere formati, radicale A dal percorso A, radicali B 1 e B 2 dal percorso B, radicali C1 e C 2 dal percorso C, e i radicali D 1 e D 2 dal percorso D. Questi radicali sono sufficientemente reattivi per iniziare le reazioni chimiche successive. Le reazioni chimiche successive comportano l'ossidazione dei radicali A e B 2 da parte dell'ossigeno nell'aria, l'estrazione di idrogeno dei radicali B 1 e C 2 da altre catene polimeriche, l'eliminazione del monossido di carbonio dal radicale C1 e l'eliminazione dell'anidride carbonica dal radicale D2. Infine, sulla superficie del poliestere si formano gruppi funzionali dell'ossigeno come i gruppi idrossile e carbossile. Le possibili reazioni dei radicali A, B 1, B 2, C 1, C 2, D 1 e D 2 sono mostrate nella Figura 3b rispettivamente. Una volta che i radicali si sono formati possono avviare spontaneamente reazioni con altre molecole, in grado di impartire una determinata caratteristica.

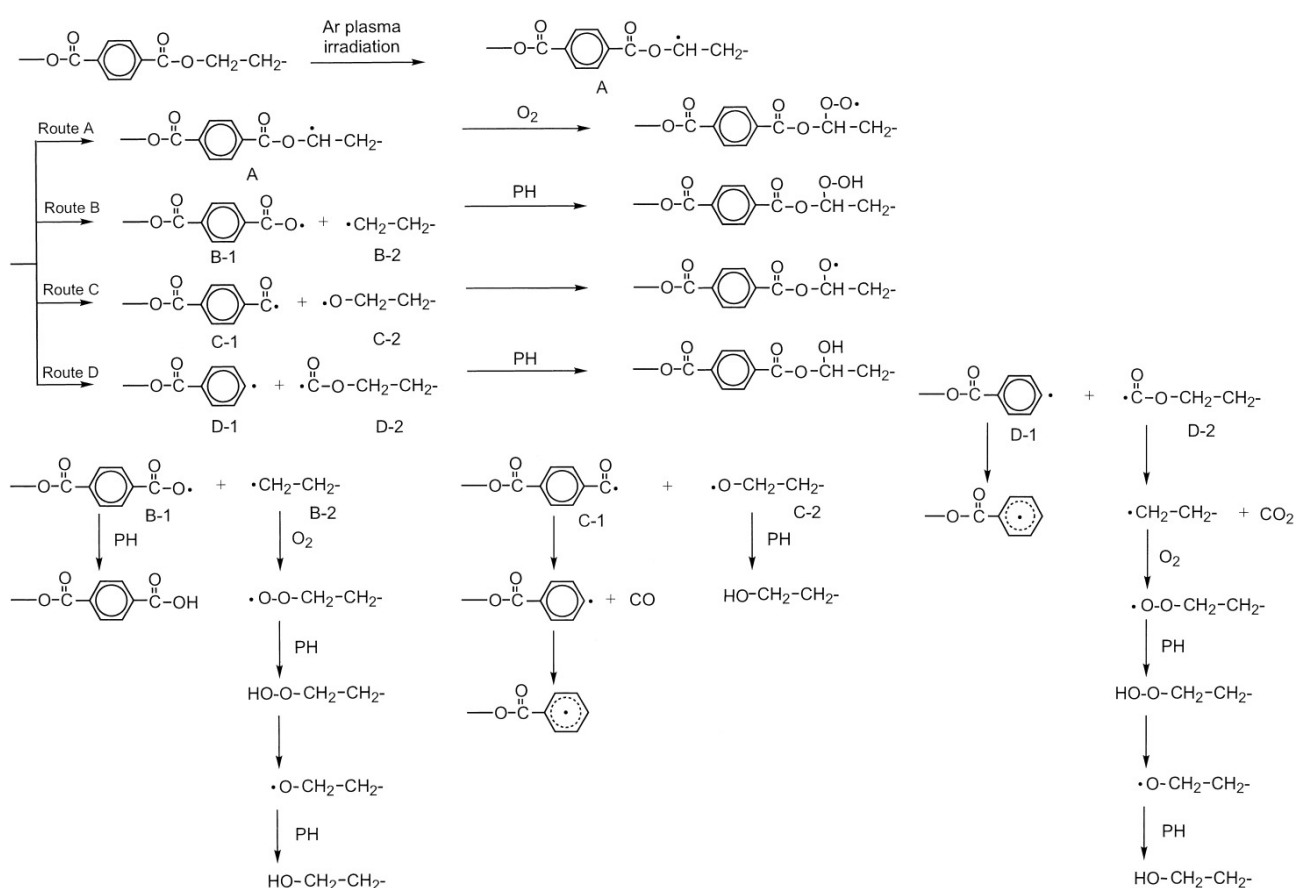


Figure 3 - Possibili scissioni sulla catena superficiale del tessuto.

Le molecole selezionate in prima battuta sono sostanze fluorocarboniche, e fluoroacrilati che fatte reagire con il tessuto dopo il trattamento al plasma sono in grado di produrre l'effetto su descritto [6]. Nei composti perfluorurati le catene laterali si orientano lontano dalla superficie della fibra, con i gruppi terminali -CF<sub>3</sub> che creano una superficie a bassa energia e bassa tensione superficiale che

determina la repellenza. E' riportato in Figura 4 uno schema esemplificativo di quello che si ottiene quando una goccia di olio e/o acqua si trovi su di un tessuto trattato con una sostanza fluorocarbonica. La situazione ottimale si ottiene quando le molecole hanno una lunghezza della catena laterale di almeno sette atomi di carbonio. Per questo motivo la scelta si è concentrata sull'heptadecafluoro-1-decene (HDFD) e sull'heptadecafluorodecyl acrilato (HDFDA).

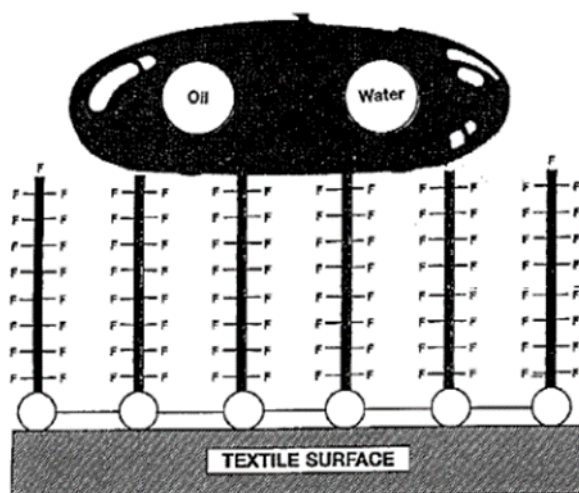


Figura 4 – Tessuto tessile funzionalizzato con sostanze fluorocarboniche.

Queste molecole hanno subito però negli ultimi anni l'attenzione negativa da parte delle autorità. La particolare natura chimica le rende molto stabili, tanto che, una volta presenti nell'organismo e nell'ambiente, per degradare naturalmente richiedono molti anni. Per questo motivo le sostanze perfluorate sono considerate bioaccumulatori e bioresistenti, oltre ad essere classificate come tossico-nocive. Questo è particolarmente vero per la famiglia dei C8, ma se la lunghezza delle catene si riduce (si parla soprattutto di C6) la loro naturale degradazione diventa più veloce e quindi l'impatto negativo sull'ambiente e sull'uomo diminuisce.

Per questo motivo, lo studio è stato rivolto anche verso altre sostanze considerare più eco-friendly. Una possibile classe di molecole in grado di determinare effetto idrofobico sui tessuti è rappresentato dai silossani. La molecola presa in esame è stata l'esametildisilossano HMDSO. Il trattamento al plasma con successivo trattamento con HMDSO porta infatti ad una polimerizzazione sulla superficie del tessuto con un'elevata ritenzione di gruppi metilici legati al silicio che determina l'effetto repellente. Attraverso l'ottimizzazione dei parametri di lavoro, quali potenza della radiofrequenza, pressione di lavoro tempo di trattamento e miscela di gas si possono ottenere differenti risultati, sia in termini di durata del trattamento sia per il tipo di trattamento. Per esempio miscelando l'HMDSO con diverse percentuali di ossigeno si può ottenere o l'effetto oleorepellente o quello idrorepellente.

Le sostanze selezionate per essere utilizzate in questa fase sono composti fluorochimici, fluoroacrilati, e sostanze contenenti gruppi silicati. Nei composti perfluorurati le catene laterali si orientano lontano dalla superficie della fibra, con i gruppi terminali  $-CF_3$  che creano una superficie a bassa energia e bassa tensione superficiale che favorisce la repellenza. La situazione ottimale si ottiene quando le molecole hanno una lunghezza della catena laterale di almeno sette atomi di carbonio. Per questo

motivo la scelta si è concentrata sull'heptadecafluoro-1-decene (HDFD) e sull'heptadecafluorodecyl acrilato (HDFDA).

Altre sostanze in grado di generare superfici idrofobiche sono rappresentate dai silossani, la scelta in questo caso è andata sull'esametildisilossano HMDSO. Il trattamento al plasma porta infatti ad una polimerizzazione sulla superficie del tessuto con un'elevata ritenzione di gruppi metilici legati al silicio che determina l'effetto repellente. Attraverso l'ottimizzazione dei parametri di lavoro, quali potenza della radiofrequenza, pressione di lavoro tempo di trattamento e miscela di gas si possono ottenere differenti risultati, sia in termini di durata del trattamento sia per il tipo di trattamento. Per esempio miscelando l'HMDSO con diverse percentuali di ossigeno si può ottenere o l'effetto oleorepellente o quello idrorepellente.

Una applicazione particolarmente interessante è la deposizione di film nanostrutturati di ossido di quarzo ( $\text{SiO}_2$ ) mediante la tecnica PECVD per conferire proprietà di idro ed oleorepellenza. Con questa tecnica si può depositare quarzo sintetico trasparente sulla superficie di manufatti metallici o polimerici, con proprietà simili a quelle del quarzo naturale: inerzia chimica (inattaccabile da acidi inorganici ed organici, ad eccezione di HF), basi, solventi organici, e sostanze ossidanti e riducenti, resistenza ai raggi UV ed alle alte temperature, biocompatibilità. I principali vantaggi della tecnologia PECVD per la deposizione di film sottili sono:

- temperatura media di polimerizzazione prossima a quella ambiente;
- proprietà chimico-fisiche del polimero dipendenti dai parametri di processo;
- elevata presenza di legame incrociati nel deposito;
- elevata adesione con il substrato, in quanto viene anch'esso attivato dal plasma partecipando così alle reazioni;
- spessori dei film nanometrici.

## **I Composti Perfluorurati e la loro nocività**

La particolare natura chimica di queste sostanze le rende molto stabili, tanto che, una volta presenti nell'organismo e nell'ambiente, la loro naturale degradazione e scomparsa richiedono molti anni.

Per questo motivo le sostanze perfluorurate sono definite BIOACCUMULABILI E BIOPERSISTENTI, oltre ad essere classificate come TOSSICO-NOCIVE.

Questo è particolarmente vero per la famiglia dei C8, ma se la lunghezza delle catene si riduce (si parla soprattutto di C6) la loro naturale degradazione diventa più veloce e quindi l'impatto negativo sull'ambiente e sull'uomo diminuisce.

Per contro, le prestazioni di idrorepellenza di un composto C6 rispetto ad un C8 sono inferiori, soprattutto se valutate come mantenimento dell'effetto nel tempo. I tessuti trattati con composti C6 tendono infatti a perdere la loro idrorepellenza in seguito ai lavaggi e all'utilizzo.

## I Composti Perfluorurati e la legge

La chimica dei C8 è di fatto attualmente bandita, sia dal Regolamento (UE) n.1907/2006 REACH che dal Regolamento (UE) n. 1342/2014 sui cosiddetti POP (inquinanti organici persistenti). Oltre ai regolamenti Europei esiste anche una legge dello stato Norvegia che ha stabilito restrizioni specifiche per il mercato locale.

Le restrizioni europee legate alla chimica dei C8 sono normalmente identificate come contenuto di PFOS, PFOA (e relative sostanze).

PFOS	< 1 µg/m <sup>2</sup>	Già in vigore
PFOA	< 1 µg/m <sup>2</sup>	Già in vigore in Norvegia
PFOA	< 25 µg/kg (ppb)	In vigore dal 2020

Non sembra esistere attualmente l'intenzione di bandire completamente anche la chimica dei C6 in quanto l'industria non offre alternative accettabili, in particolare per il mondo dell'outdoor.

Si sottolinea tuttavia che il 07/07/2017 ECHA ha aggiunto una sostanza della famiglia dei C6 - Perfluorohexane-1-sulphonic acid and its salts (PFHxS) [355-46-4] - nella Candidate List, cioè l'elenco delle sostanze estremamente preoccupanti (SVHC), la cui presenza negli articoli va comunicata al destinatario professionale.

Il bando di tutta la chimica dei perfluorurati (C8, C6, C4...) è una scelta sicuramente molto caldeggiata da movimenti ambientalisti come Greenpeace con la campagna Detox.

Pur essendo adottata da alcuni brand particolarmente votati ai temi della Sostenibilità essa rimane comunque una scelta su base volontaria.

## 3 CONCLUSIONI

OTIR2020-TFC in collaborazione con gli end-users ha eseguito uno screening preliminare dei possibili precursori da applicare mediante trattamento al plasma sui substrati selezionati per conferire loro proprietà idro e oleorepellente. I materiali scelti tra monomeri disponibili in commercio sono i seguenti: HFD e HMDSO. Il terzo precursore selezionato è il biossido di silicio nanostrutturato, come possibile alternativa ai composti chimici convenzionali al fine di avere un basso impatto ambientale.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] M.J. Tsafack, J. Levalois-Grützmacher, Flame retardancy of cotton textiles by plasma-induced graft-polymerization (PIGP), *Surf. Coatings Technol.* 201 (2006) 2599–2610. doi:10.1016/j.surfcoat.2006.05.002.
- [2] M.J. Tsafack, J. Levalois-Grützmacher, Plasma-induced graft-polymerization of flame retardant monomers onto PAN fabrics, *Surf. Coatings Technol.* 200 (2006) 3503–3510. doi:10.1016/j.surfcoat.2004.11.030.
- [3] M.-J. Tsafack, F. Hochart, J. Levalois-Grützmacher, Polymerization and surface modification by low pressure plasma technique, *Eur. Phys. J. Appl. Phys.* 26 (2004) 215–219. doi:10.1051/epjap:2004038.
- [4] Y.L. Lam, C.W. Kan, C.W.M. Yuen, Effect of zinc oxide on flame retardant finishing of plasma pre-treated cotton fabric, *Cellulose*. 18 (2011) 151–165. doi:10.1007/s10570-010-9466-y.
- [5] N. INAGAKI, S. TASAKA, K. NARUSHIMA, H. KOBAYASH. Surface Modification of PET Films by Pulsed Argon Plasma. Laboratory of Polymer Chemistry, Shizuoka University, 3-5-1 Johoku, Hamamatsu, 432-8561 Japan
- [6] Stefano Zanini, Elisa C. Dell'Orto, Claudia Riccardi. Characterization of plasma deposited poly(heptadecafluoro-1-decene). *Surface and Coatings Technology* Vol. 307 (2016), Part A, pages 9-16.



Cluster Tecnologico Nazionale Design, Creatività e Made in Italy

## **DESIGN NEXT MADE IN ITALY**

CTN02\_00053

### **PROGETTO FUNK-ITALY**

Progettazione di prodotti 'Made in Italy' funzionalizzati, innovativi e sostenibili

CTN02\_00053\_10024434

#### **D.1.3 - Ottimizzazione del trattamento idro-oleo repellente plasma assistito**



Versione deliverable:	
Data	30/04/2020
Tipo di documento	Report
Stato del documento	Final
Autore/i	Daniele Spinelli
Livello di confidenzialità	

## Sommario

Partners.....	2
1 SOMMARIO .....	3
2 OBIETTIVI DEL PROGETTO .....	4
3 CONCLUSIONI .....	15
ALLEGATI .....	16

### Partner

Ragione sociale	Abbreviazione
Calzaturificio Gal.men S.R.L.	Gal.men
Città Studi S.p.A.	Città Studi
CNR-DIITET (Dipartimento ICT, Ingegneria, Tecnologie per Energia e i Trasporti)	CNR
Consorzio Interuniversitario Nazionale per la Scienza e Tecnologia dei Materiali	INSTM
COSMOB S.p.A.	COSMOB
G&P NEXT S.p.A.	G&P
Marchi & Fildi S.p.A. Industrie Italiane Filati	Marchi & Fildi
Morfeus S.p.A.	Morfeus
OTIR2020, Tuscany Fashion Cluster - NextTechnology Tecnotessile S.r.l.	OTIR2020-TFC
Università degli Studi di Firenze	UNIFI

# 1 SOMMARIO

L'industria dei tessuti è interessata a sviluppare e produrre materie prime, trasformarle in prodotti finiti, soddisfare le aspettative dei clienti con la salute umana e sicurezza ambientale e trarne profitto. Trovare tecnologie di elaborazione più "rispettose dell'ambiente" è essenziale per ulteriori sviluppi nel settore tessile e della pelle industria.

Più recentemente, grande interesse è stato generato per il trattamento al plasma di tessuti (tessuti, pelli, ecc.), [9] come plasma essendo a tecnica utile per l'applicazione nell'ingegneria delle superfici di tessuti, fibre e filati, allo stato secco.

Trattamenti superficiali al plasma presenti vantaggi evidenti come l'effetto autopulente, aumento della micro rugosità, produzione radicale da acquisire superfici idrofile, sterilizzazione antibatterica, e proprietà antistatiche. Nella Figura 1 si può notare che esistono meno studi in il campo delle pelli trattate al plasma rispetto ai tessuti.

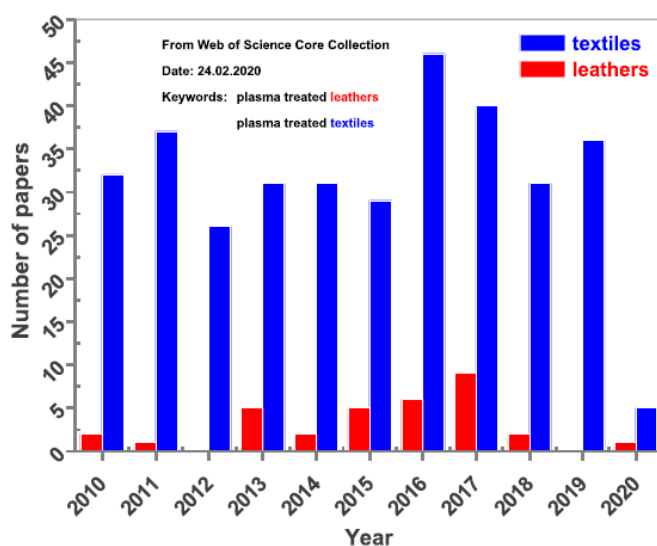


Figura 1 - Dati statistici degli articoli indicizzati in ISI web of science dai titoli "tessili trattati plasma" e "pelli trattate al plasma"

Il processo plasma consiste nell'inserimento dei materiali da trattare all'interno di una camera a vuoto che viene portata a pressioni di qualche Pascal; successivamente vengono immessi in camera i gas che vengono ionizzati da un campo elettromagnetico che si forma intorno agli elettrodi. Il trattamento è in grado di realizzare sulla superficie un rivestimento nanometrico ad elevata inerzia chimica che evita l'adesione di sostanze organiche ed inorganiche sulla superficie.

La deposizione chimica assistita dal plasma è il processo mediante il quale si formano film nanometrici portando il materiale dallo stadio gassoso a quello solido. Il plasma, o quarto stato della materia, è un gas in cui una significativa percentuale di atomi o molecole sono ionizzati mediante l'apporto di energia. Le deposizioni al plasma avvengono a una pressione intorno a qualche pascal e i gas vengono ionizzati in diverse maniere.

La tecnologia PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition) permette di realizzare rivestimenti e trattamenti funzionali ad alte prestazioni; è inoltre una tecnica altamente riproducibile, affidabile, ecocompatibile e a bassa temperatura. Si può utilizzare su qualsiasi tipo di substrato quali metalli o ceramiche, ma anche materiali organici quali plastiche e tessuti. La tecnica consente la sintesi di rivestimenti nanostrutturati a film sottile per il conferimento di proprietà specifiche e funzionali delle superfici, quali: antiaderenza, antiusura, idrorepellenza ed oleorepellenza.

## 2 OBIETTIVI DEL PROGETTO

### ***Ottimizzazione del trattamento idro-oleo repellente plasma assistito***

Il vantaggio principale del trattamento plasma sta nella sua azione di modificare chimicamente solo gli strati più esterni del substrato, senza interessare, nel loro complesso, le proprietà di massa del materiale.

Il plasma a pressione atmosferica prodotto dalla Next Technology può ottimizzare molte proprietà dei materiali polimerici di cui sono costituiti tessuti, membrane, film, non-tessuti, compositi e così via. La macchina prodotta da Next Technology Tecnotessile, è un plasma atmosferico HDBD (Homogenous Dielectric Barrier Discharge) progettato per il trattamento di tessuti o materiali simili (come carta o film polimerici) di altezza massima 600mm. E' costituito da un cilindro di trattamento ricoperto da uno speciale isolante, e n°8 elettrodi, brevettati da Next Technology Tecnotessile, realizzati in materiale composito per minimizzare lo sviluppo di calore durante il lavoro. Gli elettrodi sono disposti radialmente al cilindro e vengono avvicinati tramite viti micrometriche. La scarica per l'accensione è controllata da un generatore elettronico AC a frequenze variabili fra 30 e 100 kHz. Sul cilindro viene incorsato il tessuto da trattare e, nella zona fra gli elettrodi e la superficie superiore del tessuto, si genera la nuvola di plasma freddo e una moltitudine casuale di archi di scarica. Queste micro-scariche non uniformi non hanno un potenziale tale da generare un trattamento disomogeneo. Durante lo scorrimento del tessuto sotto gli elettrodi, vengono insufflati uno o più gas tecnici, in miscela o singolarmente, per favorire sia la formazione della nuvola di plasma sia per ottenere funzionalizzazioni differenti sul materiale. Il nostro NEXT ATM PLASMA H600LAB è concepito per un uso stand-alone in laboratorio: è dotato infatti di uno svolgitore, sul quale viene fissato il tessuto da trattare; del cilindro di trattamento, dove viene generata la nuvola di plasma; di un cilindro ballerino che regola l'avvolgimento del tessuto e di un arrotolatore per ricomporre il rotolo. Il pannello di controllo consente un semplice ed intuitivo uso della macchina da parte di un operatore. Può altresì essere facilmente inserito in una linea di trattamento esistente. Il dettaglio delle caratteristiche tecniche è riportato in Tabella 1.



Figura 2 - NEXT ATM PLASMA H600LAB.

Tabella 1 – Caratteristiche prestazionali della macchina plasma.

Velocità di trattamento	1 - 20	m/1'
Numero di elettrodi	8	
Altezza del tessuto	600	mm
Spessore del tessuto max	2	mm (per spessori maggiori consultare il ns. ufficio Tecnico)
Diametro massimo del rotolo	400	mm
Potenza massima del generatore	4000	W
Potenza specifica massima	6333	Wmin/m <sup>2</sup> (alla velocità minima di 1 m/min)
ensione di alimentazione	380 V x 3 + N + T	

Il processo di polimerizzazione del monomero HMDSO è stato investigato. Il flusso di elio ed argon è stato ottimizzato a 3L/min e 2L/min rispettivamente. La loro miscela è stata utilizzata come gas carrier per la generazione del plasma. Il monomero in forma liquida è stato alimentato ad un flusso fisso di 1 ml/min verso l'evaporatore e vaporizzato in fase gassosa a 150°C. Infine il monomero in fase gassosa ed il gas inerte sono stati indirizzati verso l'elettrodo per la generazione del plasma. Le molecole di HMDSO sono inizialmente dissociate tramite impatto di elettroni in ioni  $(CH_3)_3Si-O-Si-(CH_3)_2^+$  e radicali  $CH_3$  che successivamente polimerizzano.

La spettroscopia IR è stata utilizzata per investigare la superficie del substrato 100% poliestere trattato. L'analisi IR del tessuto non trattato mostra un picco a 1715  $cm^{-1}$  assegnato allo stretching del gruppo C=O dell'estere aromatico. La banda a 1235  $cm^{-1}$  è stata assegnata allo stretching asimmetrico dell'estere aromatico. Il picco a 871  $cm^{-1}$  è attribuito al C-H fuori dal piano e alle vibrazioni del legame estere C-C, mentre il picco a 721  $cm^{-1}$  può essere attribuito al gruppo C=O e al legame C-H dell'anello. Lo spettro FTIR del campione di poliestere trattato al plasma mostra picchi a 845  $cm^{-1}$  e 793  $cm^{-1}$ . Questi picchi sono stati attribuiti alle vibrazioni del legame Si-C nei gruppi Si-CH<sub>3</sub>. Il monomero utilizzato ha sei gruppi metilici legati all'atomo di silicio. Quindi i picchi a 845  $cm^{-1}$  e 793  $cm^{-1}$  nello spettro IR dimostrano la deposizione del monomero sulla superficie.

La microscopia a scansione elettronica è mostrata in Figura 3. Le immagini dimostrano la deposizione del polimero a diverse potenze di trattamento.

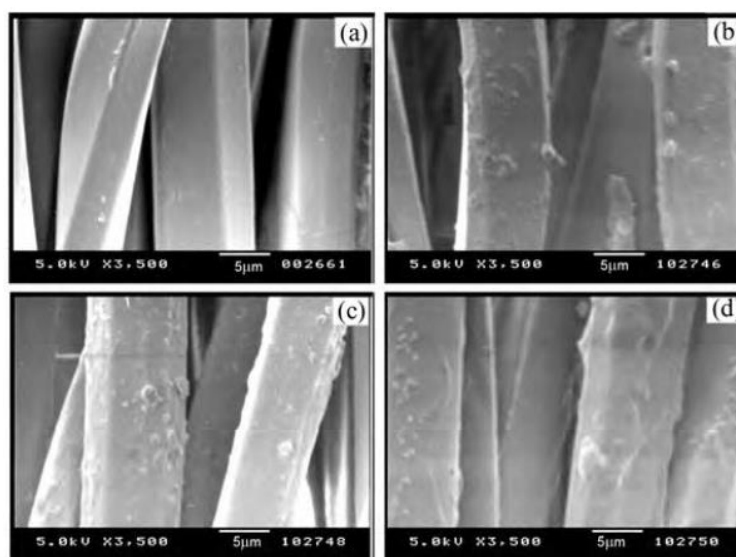


Figura 3 – Immagini SEM dei campioni in 100% poliestere trattati mediante plasma: a) tal quale, b) 2000 W, c) 3000 W e d) 4000 W.

In termini di performance meccaniche del materiale, sono state valutate la forza e l'allungamento. Il tessuto in poliestere non trattato mostra una forza di 14.29 N/mm. Per la potenza di 2000 W il valore resta in linea con quello del materiale tal quale, mentre per valori di 3000 W e 4000 W i valori scendono a 10.93 N/mm. Questo indica che alte potenze comportano un deterioramento delle proprietà tensili del substrato durante la polimerizzazione in seguito alla formazione di incisioni sulla superficie della fibra.

Successivi test sono stati condotti con il monomero 1H,1H,2H-PERFLUORO-1-DECENE (HDFD) scelto come rappresentativo composto fluorocarbonico. Lo spettro IR mostra picchi nelle regioni tra 1540 e 1910  $\text{cm}^{-1}$  (C=O) e tra 1000 e 1520  $\text{cm}^{-1}$  (legame C-F). I risultati dei test di idro ed oleorepellenza sono mostrati in Figura 4. I liquidi standard impiegati sono elencati nelle tabelle sottostanti con i loro corrispondenti valori di tensione superficiale:

Tabella 2 - Standards di riferimento del drop test per determinare l'idrofobia di un substrato tessile

Idrorepellenza Valore	Composizione della soluzione		$\gamma_1$ (mN/m)
	%isopropanolo	%acqua distillata	
1	2	98	57,0
2	5	95	48,2
3	10	90	40,6
4	20	80	30,3
5	30	70	24,0
6	40	60	20,5

Tabella 3 - Standards di riferimento del drop test per determinare l'oleo-repellenza di un substrato tessile

Valore di oleorepellenza	idrocarburo	$\gamma_1$ (mN/m)
1	Nujol	-
2	65 vol%Nujol n-esadecano	28
3	n-esadecano	27,6
4	n-tetradecano	26,7
5	n-dodecano	25,4
6	n-decano	23,9
7	n-octano	21,8
8	n-eptano	20,0

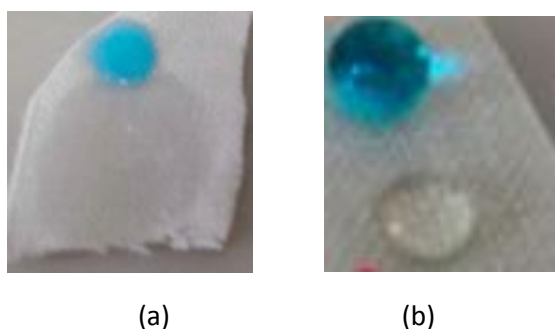


Figura 4 – Campioni in poliestere tal quale (a) e trattati con HDFD (b).

Lo stesso andamento delle proprietà meccaniche è stato riscontrato anche con l'utilizzo del monomero HDFD.

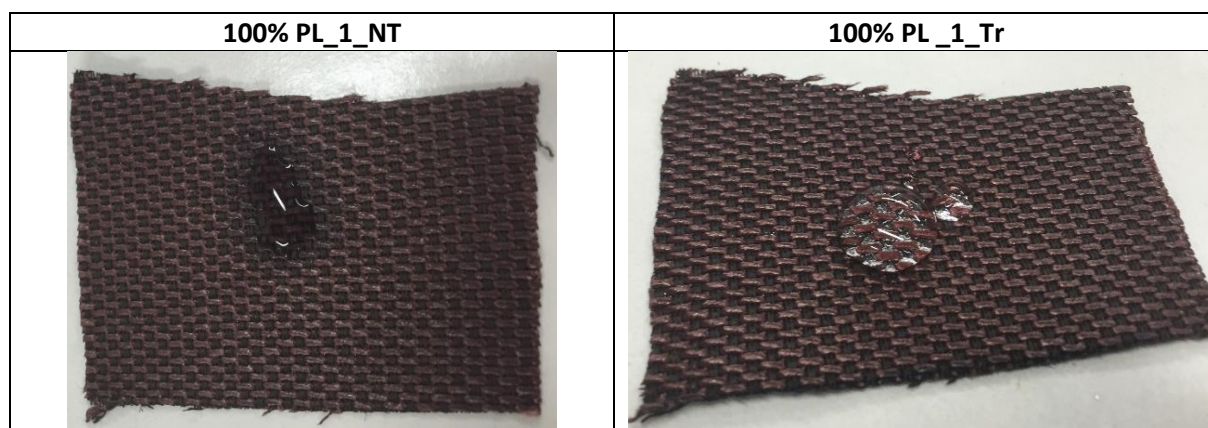


Figura 6 - Esempio di campione tessile non trattato e trattato con monomero HDFD (resistenza alla goccia di acqua).

Come si vede dalle immagini, prima del trattamento chimico la goccia di acqua tende a penetrare nel tessuto entro i 5 secondi dal suo posizionamento su questo (tempo previsto dalla norma di riferimento) mentre dopo trattamento la goccia non penetra.

L'attività precedentemente descritta è stata proseguita con la verifica della possibilità di trasferimento della tecnologia PLASMA (nota su tessuto ma non su pelle) per funzionalizzare le superfici, renderle idro e olio-repellenti e soprattutto eliminare la fase di finissaggio termico che risulterebbe critica per pellami vista l'alta temperatura richiesta.

Ad oggi l'esperienza di NTT sull'utilizzo di questa tecnologia ha portato a risultati positivi sulla funzionalizzazione dei tessuti, mentre sulla pelle si sono riscontrate maggiori problematiche di applicabilità. La tecnologia PLASMA potrebbe essere una tecnica che permette di aggirare l'ostacolo noto dell'utilizzo di alte temperature per tutta una serie di finissaggi chimici noti al mondo tessile ma non applicabili ai prodotti di conceria proprio per la necessità di alte temperature.

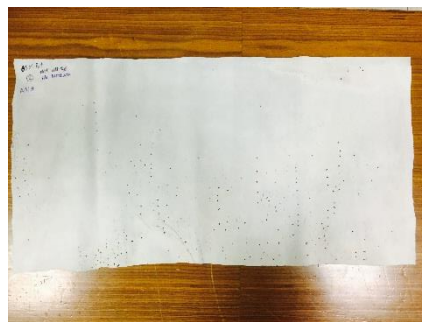
E' stata effettuata anche una sperimentazione con la tecnologia plasma per valutare l'effetto che la tecnica ha sui convenzionali processi di tintura della pelle. La prima fase dello studio è stata l'ottimizzazione delle condizioni di processo del trattamento plasma atmosferico infatti, come si vede nelle foto riportate di seguito, per potenze troppo alte si aveva la bruciatura di alcune zone dei campioni. Le condizioni operative ottimizzate sono mostrate nel campione 4.



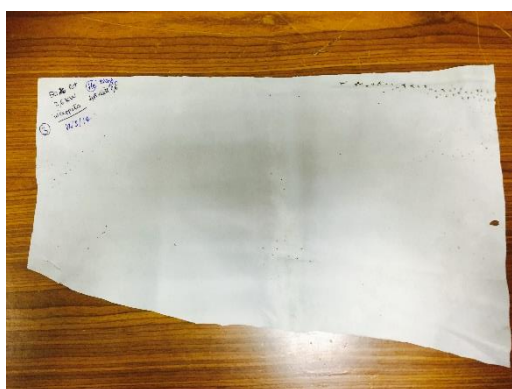
1) Potenza 98%; distanza elettrodi 2,4; gas He;



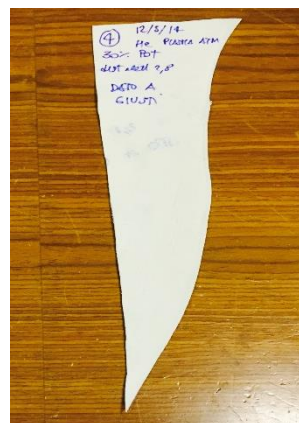
2) Potenza 65%; distanza elettrodi 2,6; gas He;



3) Potenza 50%; distanza elettrodi 2,6; gas He;



4) Potenza 30%; distanza elettrodi 2,8; gas He;



La flessibilità del trattamento al plasma consente di pilotare le proprietà del film che si vuole produrre, variando le caratteristiche del plasma o aggiungendo diversi gas nella camera di reazione. Tra i polimeri che si possono depositare, hanno una particolare importanza industriale i film a base di SiOx (nanoquarzo). Con trattamenti di coating con silicati, metodo sicuramente alternativo, viene realizzato un rivestimento nanometrico ad elevata inerzia chimica che evita l'adesione di sostanze organiche e inorganiche sulle superfici conferendo al materiale caratteristiche antimacchia. Tale trattamento è la soluzione ideale per qualsiasi applicazione che soffra problemi di adesione e dall'altra parte ne aumenta molto la caratteristica antimacchia. Pertanto un test di deposizione di un film di nanoquarzo è stato condotto mediante la tecnologia plasma PECVD. I campioni sono stati analizzati mediante la spettroscopia IR evidenziando la funzionalizzazione del materiale per la banda a  $1150\text{ cm}^{-1}$  tipica del legame Si-O (vedi sezione allegati).

I materiali sono stati caratterizzati in seguito per quanto riguarda idrorepellenza ed oleorepellenza; il grado di idrorepellenza è determinato per mezzo del test con soluzioni acqua/isopropanolo (3M Water Repellency Test II, water/alcohol test; INDA Standard Test 80.6); l'oleorepellenza è stata determinata in accordo con il metodo per la resistenza agli idrocarburi (AATCC Standard Test Method 118-1984 e INDA Standard Test 80.7-92).

Entrambi i test si basano sull'osservazione visiva della resistenza alla penetrazione di gocce di vari liquidi, che coprono un dato intervallo di tensioni superficiali ( $\gamma_1$ ) depositate sul tessuto.

Tabella 4 – Valori di idro ed oleorepellenza per i tessuti trattati con nanoquarzo.

Campione	Oleorepellenza	Idrorepellenza
Tessuto tal quale (SILVER SAVE MST & 100PL)	1-2	1
Tessuto funzionalizzato	5	5
Pelle tal quale	3	3
Pelle funzionalizzata	5	5



(A)



(B)



(C)

Figura 7 – Test oleorepellenza per tessuto 100% PL tal quale (A) e trattato tramite plasma (B) e prova con pellame (C).

Altra caratterizzazione eseguita dopo il trattamento è la misura dell'angolo di contatto per la verifica della bagnabilità dei nuovi materiali sviluppati. La bagnabilità è il processo che porta a contatto un liquido ed una superficie solida. Ciò avviene in presenza di una fase gassosa o di un'altra fase liquida, immiscibile con la prima, descrivibili in termini generali come fluidi. Il sistema è completamente descritto dall'angolo di contatto ( $\theta$ ), definito come l'angolo formato dalla tangente all'interfaccia liquido-fluido, e dalla tangente alla superficie solida, in corrispondenza della linea di contatto tra le tre fasi. Un basso angolo di contatto ( $\theta < 90^\circ$ ) descrive una situazione in cui il solido è parzialmente bagnato dal liquido (idrofilicità, nel caso dell'acqua), mentre un elevato angolo di contatto ( $\theta > 90^\circ$ ) descrive una situazione in cui il solido è poco bagnato (idrofobicità, nel caso dell'acqua). Essa è una proprietà che influenza l'ottenimento sia di superfici superidrofobiche che superidrofiliiche e viene valutata mediante prove di angolo di contatto. La superidrofilia, che letteralmente significa "forte affinità con l'acqua", conferisce alla superficie massima bagnabilità, grazie all'angolo di contatto tra la goccia e la superficie inferiore a  $5^\circ$ , con formazione di un film continuo sottile; al contrario in presenza di superidrofobicità



("forte paura per l'acqua"), per angoli di contatto maggiori di 150°, non si ha alcuna bagnabilità, favorendo la formazione di gocce isolate.

Di seguito i risultati ottenuti:

Tabella 5 - Misura dell'angolo di contatto.

Campione	Angolo di contatto	Angolo di rotolamento
Tessuto tal quale	La goccia penetra	La goccia penetra
Tessuto funzionalizzato	90	34
Pelle tal quale	La goccia penetra	La goccia penetra
Pelle funzionalizzata	93	40

Per quanto riguarda il test anti-macchia la procedura è la seguente: un disco di carta assorbente viene imbevuto del liquido "sporcante", quindi appoggiato sulla superficie in modo da bagnarla e mantenuto per il tempo di prova, protetto dall'evaporazione con una capsula di Petri rovesciata. Trascorso il tempo di prova (6 ore in questo caso) si tampona la superficie con carta assorbente per asciugare, quindi si lava con acqua e sapone neutro e poi si asciuga senza strofinare.

Tabella 6 - Test anti-macchia.

Materiale	Succo di limone	Caffè	Sangue
<b>Tessuto</b>			
SILVER SAVE MST	4	4	4
100%PL	4	4	4
<b>Pelle</b>			
CANDY "C"	5	5	5



(a)



(b)

Figura 8 – Test di resistenza liquidi freddi della pelle: limone (a) e caffè (b).

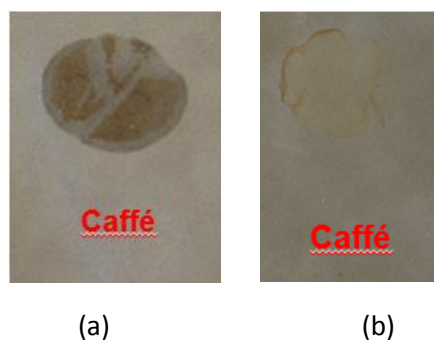


Figura 9 – Risultati test su campione di pelle trattato e non trattato.

### ***Analisi Skin Model per testare il comfort termofisiologico***

Per misurare le proprietà dei tessuti nei confronti dei trasferimenti di calore e di umidità, esistono numerosi metodi che sono per lo più specifici per l'una o l'altra caratteristica. La norma di riferimento è la UNI EN ISO 11092:2014- Determinazione delle proprietà fisiologiche. Misurazione della resistenza termica ed al vapor d'acqua in condizioni stazionarie (prova della piastra calda traspirante) – che descrive un metodo di prova per determinare sia la resistenza termica ( $R_{ct}$ ), sia la resistenza al vapor d'acqua ( $R_{et}$ ) relative a prodotti tessili, membrane, spalmati, ecc. simulando i trasferimenti di calore e di massa che si producono in vicinanza della pelle umana. L'apparecchiatura, denominata Sweating guarded hotplate o "Skin Model" è formata da un'unità di misura, una protezione termica ed una camera climatica. Lo schema semplificato è riportato in figura 6. I campioni utilizzati sono stati quelli trattati con film di nanoquarzo come interessante alternativa ai composti chimici convenzionali al fine di avere un basso impatto ambientale.

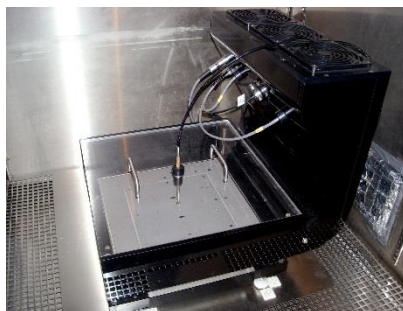


Figura 10 – Skin Model

Una piastra metallica di circa 3 cm di spessore, forata (elemento 1), è fissata ad un blocco di metallo conduttore di calore che contiene un elemento riscaldante elettrico (elemento 6). Una serie di canali sono ricavati sulla superficie del blocco dell'elemento riscaldante, che è in contatto con la piastra porosa, per permettere l'alimentazione dell'acqua tramite un sistema dosatore (elemento 5). Prima di essere introdotta, l'acqua deve essere preriscaldata alla temperatura dell'unità di misura ( $T_m$ ).

L'unità di misura, al fine di evitare fughe termiche dai lati e dal fondo, è inserita in una protezione termica, costituita da un materiale ad alta conducibilità termica quale un metallo, e contenente degli elementi elettrici riscaldanti.

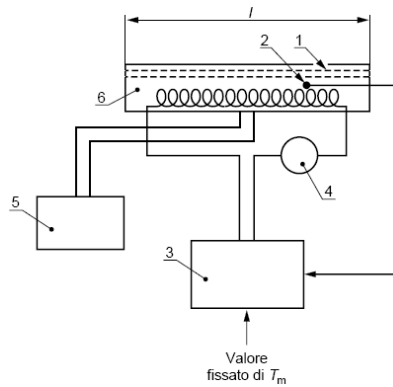


Figura 11 – Unità di misura con controllo della temperatura e di alimentazione d’acqua.

L’unità di misura e la protezione termica sono collocate nella camera di prova mantenuta a temperatura ed umidità costanti, un flusso d’aria condizionata investe parallelamente la faccia superiore dell’unità di misura alla velocità di 1 m/s.

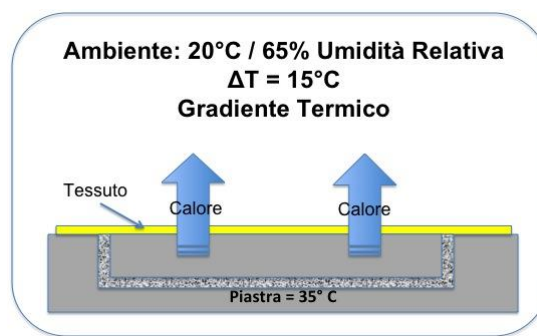
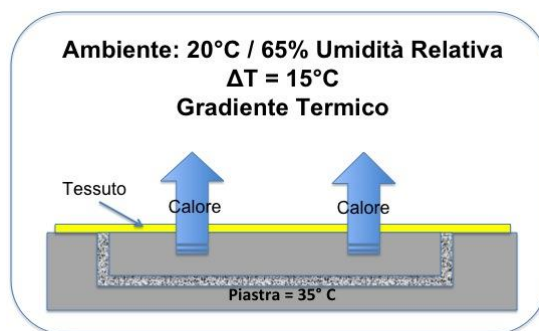


Figura 12 - Misura della Resistenza termica ( $R_{ct}$ )

Per la determinazione della  $R_{ct}$  l’unità di misura non viene riempita d’acqua e la provetta è posta direttamente sulla piastra forata mantenuta ad una temperatura di 35°C. La temperatura dell’aria è invece di 20°C, con un’umidità relativa del 65%. La prova consiste nel misurare il flusso di calore attraverso la superficie della provetta allorché sia raggiunto lo stato d’equilibrio. L’unità di misura con la quale si esprime la  $R_{ct}$  è

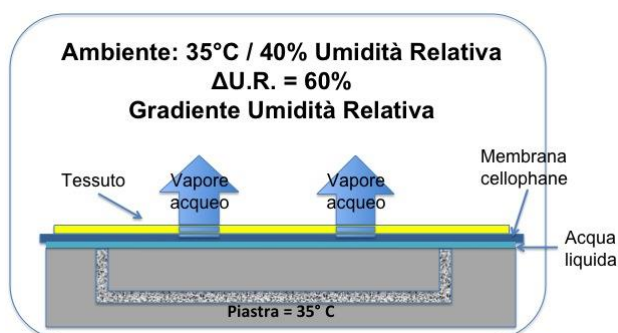
$$\frac{\text{m}^2 \times \text{K}}{\text{W}}$$



### **Misura della Resistenza al vapore d'acqua ( $R_{et}$ )**

Per la determinazione della  $R_{et}$  sia la temperatura dell'unità di misura sia quella dell'aria sono mantenute a 35°C, con umidità relativa del 40%. In questo caso una membrana di cellophane, permeabile al vapore acqueo ma impermeabile all'acqua liquida, viene collocata al di sopra della piastra porosa. Il tessuto da sottoporre alla prova viene posto sopra la membrana con il lato solitamente a contatto del corpo umano posto a contatto con l'unità di misura. Quando la provetta viene posta sulla membrana, il flusso di calore necessario per mantenere la piastra ad una temperatura costante, rappresenta una misura del flusso di evaporazione dell'acqua e se ne deduce il valore della resistenza al vapore d'acqua della provetta espresso in

$$\frac{m^2 \times Pa}{W}$$



L'Istituto Hohenstein, il primo a sviluppare lo "skin model", ha stabilito 5 livelli di traspirabilità basati sul metodo della piastra calda traspirante per la determinazione della  $R_{et}$ .

Tabella 7 – Livelli di traspirabilità.

Categoria	Livello di $R_{et}$
Estremamente traspirante	<6
Molto traspirante	6÷13
Traspirante	14÷20

Bassa traspirabilità	21÷30
Non traspirante	>30

**Indice di permeabilità al vapor acqueo (imt) e permeabilità al vapor d'acqua (Wd)**

Il parametro imt viene definito come il rapporto della resistenza termica rispetto alla resistenza evaporativa secondo la formula:

$$i_{mt} = S \times \frac{R_{ct}}{R_{et}}$$

dove

S: è uguale a 60 Pa/K;

imt: è senza dimensione ed il suo valore è compreso tra 0 e 1. Un valore di 0 implica che il materiale sia impermeabile al vapor d'acqua, cioè una resistenza al vapor d'acqua infinita; un materiale che ha un valore di 1 presenta a sua volta la resistenza termica e la resistenza al vapor d'acqua di uno strato d'aria di un uguale spessore.

Invece Wd è una caratteristica che dipende dalla resistenza al vapor d'acqua e dalla temperatura secondo la formula:

$$W_d = \frac{1}{R_{et} \times \phi_{Tm}}$$

dove:

è il calore latente di evaporazione dell'acqua alla temperatura Tm dell'unità di misura.

Per esempio: 0.672 W h/g a Tm= 35°C.

I parametri relativi alla misurazione della resistenza al vapor d'acqua (Ret) e della resistenza termica (Rct) in condizioni stazionarie sono riportate di seguito:

Tabella 8 – Valori di Ret ed Rct dei campioni trattati con nanoquarzo.

Ns. rif.	R <sub>ct</sub> (m <sup>2</sup> K/W)	R <sub>et</sub> (m <sup>2</sup> Pa/W)
Tessuto 100% PL NON TRATTATO	0,061	9,69
Tessuto 100% PL TRATTATO PLASMA con SiO <sub>2</sub>	0,062	11,56

<b>DELTA</b>	<b>0,001</b>	<b>1,87</b>
Tessuto SILVER SAVE MST NON TRATTATO	0,134	11,87
Tessuto SILVER SAVE MST NON TRATTATO PLASMA con SiO <sub>2</sub>	0,136	14,62
<b>DELTA</b>	<b>0,002</b>	<b>2,75</b>
Pelle CANDY NON TRATTATO	0,089	>100
Pelle CANDY NON TRATTATO PLASMA con SiO <sub>2</sub>	0,083	>100
<b>DELTA</b>	<b>-0,006</b>	<b>n.a.</b>

Si può concludere che il trattamento, per quanto riguarda le resistenze termiche, non apporta variazioni significative come dimostrato dai valori di DELTA Rct.

Leggermente diversi sono i risultati per la resistenza evaporativa: il trend è quello di un leggero aumento della Ret ei campioni trattati (evidenza che lo strato di nanodeposizione applicato in quale modo sfavorisce il passaggio di vapore).

Nel campione di pelle si registra, già sul non trattato, un valore di Ret molto alto, probabilmente dovuto alla rifinitura applicata (molto probabilmente non traspirante).

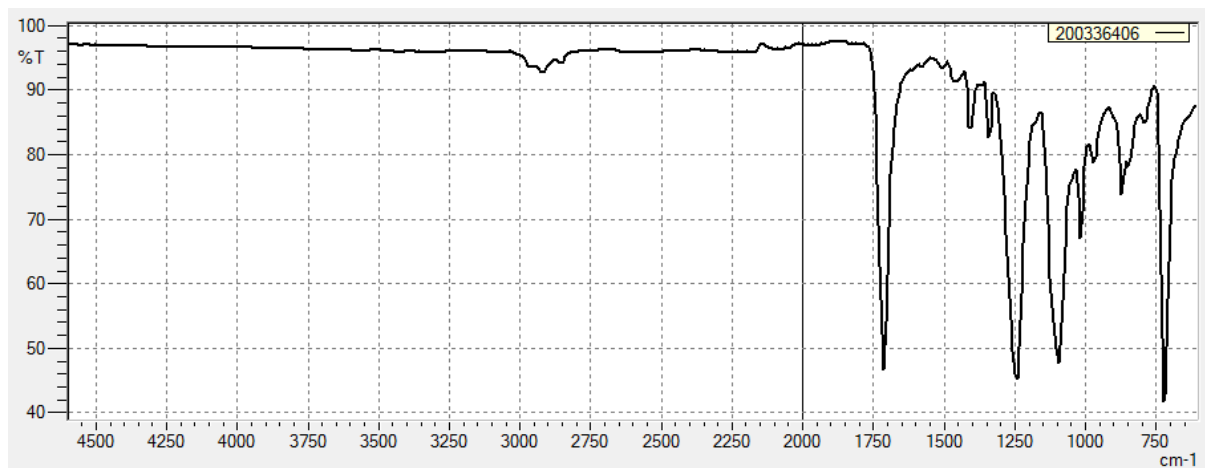
### 3 CONCLUSIONI

In conclusione, è stato possibile verificare come un trattamento di deposizione di ossido di silicio tramite processo plasma sia in grado di conferire alti valori di idrorepellenza ed oleorepellenza senza l'utilizzo di resine chimiche fluorocarboniche. I materiali, risultano essere spiccatamente antimacchia in quanto in grado di far scivolare via lo sporco organico ed inorganico non premettendo a questo di attaccarsi sulla superficie del substrato. In termini di comfort termofisiologico, non si notano variazioni significative per quanto riguarda i tessuti, mentre per la pelle i valori sono influenzati dal trattamento di rifinitura che rende la superficie non traspirante anche prima della deposizione del composto funzionalizzante.

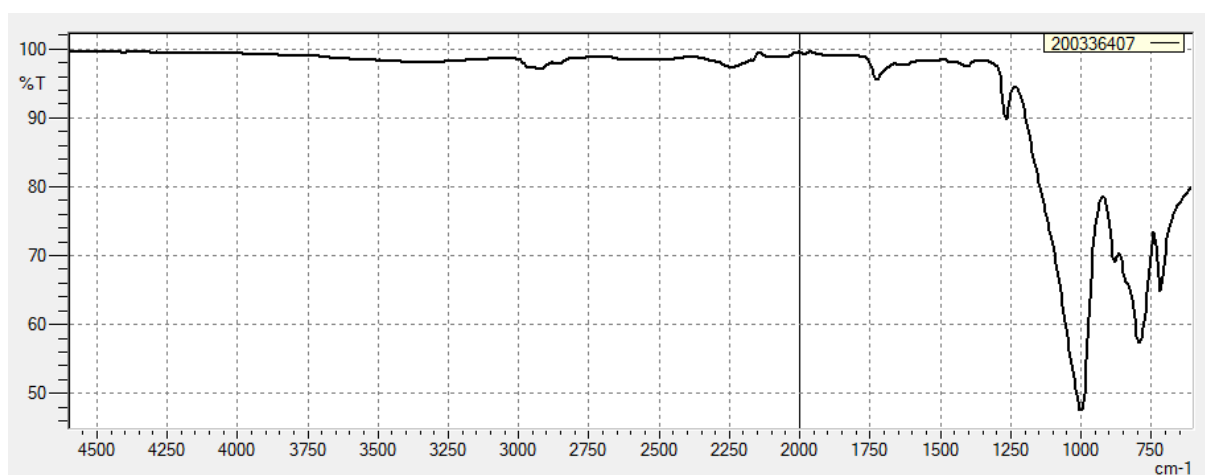
## ALLEGATI

### SPETTRI IR dei campioni selezionati:

**202081** - Campione tessuto 100% PL NON TRATTATO



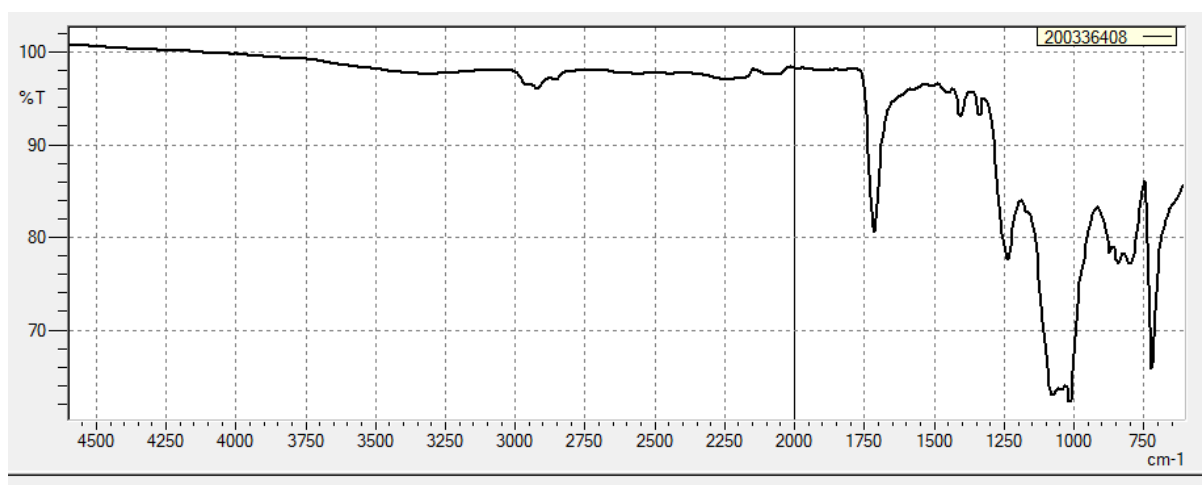
**202082** - Campione tessuto 100% PL TRATTATO PLASMA con SiO<sub>2</sub>



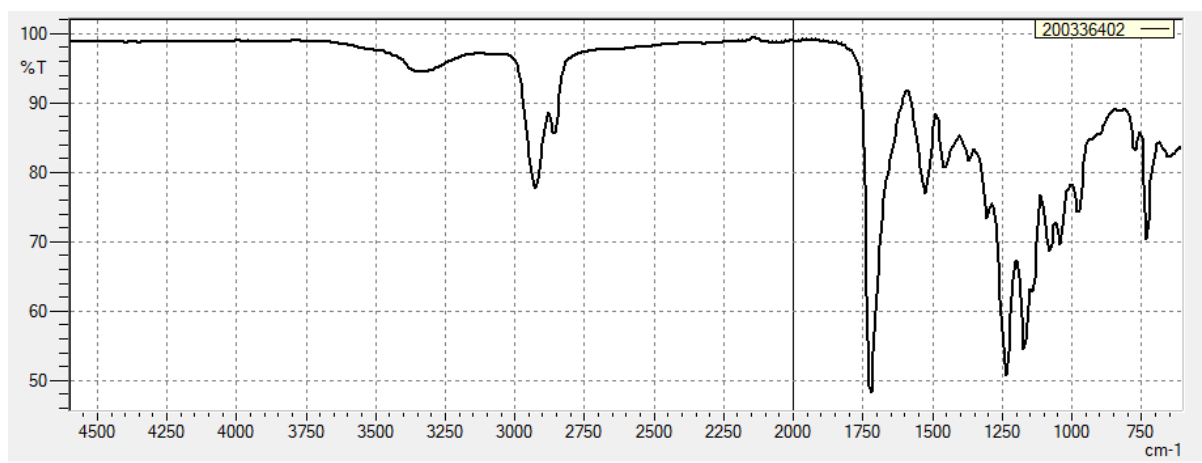
**202083** - Campione tessuto colore bianco SILVER SAVE MST NON TRATTATO



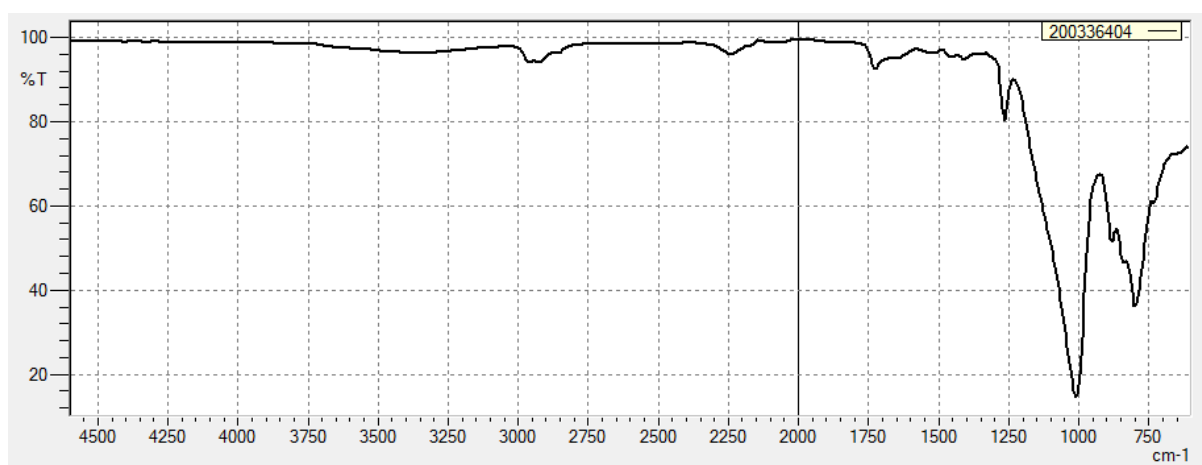
**202084** - Campione tessuto colore bianco SILVER SAVE MST TRATTATO PLASMA con SiO<sub>2</sub>



**202085** - Campione pelle CANDY NON TRATTATO



**202086** - Campione pelle CANDY TRATTATO PLASMA con SiO<sub>2</sub>







Cluster Tecnologico Nazionale Design, Creatività e Made in Italy

## DESIGN NEXT MADE IN ITALY

CTN02\_00053

## PROGETTO FUNK-ITALY

Progettazione di prodotti 'Made in Italy' funzionalizzati, innovativi e sostenibili

CTN02\_00053\_10024434

### D.1.4 – Produzione dei dimostratori finali e caratterizzazione

Versione deliverable:	01
Data	22-12-2020
Tipo di documento	Testo e immagini
Stato del documento	Definitivo
Autore/i	Giuseppe Lotti, Marco Marseglia, Elisa Matteucci, Francesco Cantini, Alessio Tanzini, Rosella Nicoelli, Matteo Rossi, Francesco Massetani
Livello di confidenzialità	

## Sommario

Partner .....	2
1    Analisi dei Case history.....	3
1.1    Esempi di materiali ecosostenibili, smart, innovativi e funzionali, nell’ottica di un miglioramento delle performance per il settore manifatturiero .....	3
1.2    Individuazione di complementi di arredo che prevedono l’utilizzo di tessuti tecnici innovativi, sicuri, sostenibili e performanti .....	10
2    Individuazione dei possibili ambiti di applicazione per tessuti e pelli trattate .....	17
3    Definizione della strategia progettuale e realizzazione di prodotti per i seguenti settori: ..	18
3.1    Complemento d’arredo.....	18
3.2    Accessori per la tavola .....	26
3.3    Accessori per animali .....	30
3.4    Piccola pelletteria / Giochi per bambini.....	33
3.5    Realizzazione prototipi per settori industriali.....	37
4    Conclusioni .....	39

### Partner

Ragione sociale	Abbreviazione
Calzaturificio Gal.men S.R.L.	Gal.men
Città Studi S.p.A.	Città Studi
CNR-DIITET (Dipartimento ICT, Ingegneria, Tecnologie per Energia e i Trasporti)	CNR
Consorzio Interuniversitario Nazionale per la Scienza e Tecnologia dei Materiali	INSTM
COSMOB S.p.A.	COSMOB
G&P NEXT S.p.A.	G&P
Marchi & Fildi S.p.A. Industrie Italiane Filati	Marchi & Fildi
Morfeus S.p.A.	Morfeus
OTIR2020, Tuscany Fashion Cluster - NextTechnology Tecnotessile S.r.l.	OTIR2020-TFC
Università degli Studi di Firenze	UNIFI

# 1 Analisi dei Case history

## 1.1 Esempi di materiali ecosostenibili, smart, innovativi e funzionali, nell'ottica di un miglioramento delle performance per il settore manifatturiero

### TESSUTI, PELLI E FILATI NATURALI

#### Wineleather



Attualmente l'azienda è insediata nell'incubatore di Progetto Manifattura, il polo italiano clean tech e dell'economia circolare di Trentino Sviluppo. Il suo fondatore è Gianpiero Tessitore, architetto di Milano che nel 2014 inizia un approfondito studio in collaborazione con centri di ricerca specializzati, per analizzare le caratteristiche fisiche e meccaniche di diverse fibre vegetali e la loro capacità di essere trasformate in materiali ecologici. Questo studio ha portato ad identificare le fibre contenute nelle bucce e nei semi dell'uva, l'ideale per la creazione di una pelle totalmente ecologica 100% vegetale utilizzabile in diversi campi di applicazione.

#### Muskin

Muskin, a differenza dei tessuti ottenuti dai funghi e poi uniti ad altre materie tessili, proviene interamente dal cappello del *Phellinus ellipsoideus*, una specie di fungo gigante non commestibile originario delle foreste subtropicali che trae nutrimento dal tronco degli alberi provocandogli una sorta di marciume bianco. Grazie alla sua composizione naturale Muskin è una risorsa ideale da impiegare nella produzione di scarpe, cappelli, borse, inserti

nell'abbigliamento ma anche nei prodotti d'arredamento. Al tatto si presenta simile al camoscio con una consistenza che varia dal morbido al rigido tipico del sughero.



## Piñatex



Si tratta di una fibra ottenuta da elementi di scarto dell'ananas. Piñatex viene creato infeltrendo le lunghe fibre dalle foglie di ananas per creare un substrato non tessuto. È composto da una miscela di foglie, PLA (acido polilattico) e resine.

## **Pellemela**

Pellemela, una “pelle vegetale” ricavata dai residui di lavorazione delle mele. Utilizzata sia nella moda che nell'arredamento, la pellemela si ottiene con il 76 % di farina di mele, dopo aver fatto essiccare bucce e torsoli, miscelata con acqua e collante naturale e compattata fino ad ottenere una consistenza finale simile alla pelle.



## **Tencel**

Tencel™ è un marchio di proprietà Lenzing AG con il quale certifica la produzione delle fibre tessili Lyocell e Modal. Lyocell viene estratto dalla polpa di alberi di Eucalipto mentre Modal è estratto dalla polpa di alberi di faggio, ma con lo stesso processo di Lyocell.

Tencel è un tessuto igroscopico, forte, biodegradabile e resistente ai raggi UV, all'invecchiamento e all'abrasione. Grazie alla sua capacità di termoregolazione è adatto a tutte le stagioni, mantenendo costante la temperatura corporea. Tencel è un tessuto artificiale estratto dalla cellulosa di eucalipto e faggio, materie prime naturali che donano al tessuto grandi proprietà di assorbimento dell'umidità in maggiori quantità rispetto ad una qualsiasi fibra sintetica.





## Woolten

Il tessuto Woolten è un nuovo prodotto Manteco con un filato cardato speciale brevettato. Nasce dalla combinazione di due prodotti altamente sostenibili: la certificazione Tencel di Lenzing, ottenuta da alberi di eucalipto cresciuti in aziende certificate FSC, e la lana riciclata, basata sull'economia circolare, sottoposta a rigorosi controlli chimici, risparmiando acqua ed evitando il rilascio di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera.



## Orange Fiber



Orange Fiber è un filato sostenibile ottenuto dagli scarti di agrumi. Setoso e impalpabile, è pensato per rispondere alle esigenze di innovazione e sostenibilità della moda, interpretandone la creatività e lo spirito visionario. Il nostro esclusivo tessuto viene realizzato a partire dal pastazzo d'agrumi, ossia quel residuo umido che resta al termine della produzione industriale di succo di agrumi e che non può più essere utilizzato ma solo gettato via come un rifiuto. Grazie al processo brevettato, sono in grado di sfruttare le potenzialità del pastazzo per l'estrazione della cellulosa d'agrumi atta alla filatura, trasformando così uno scarto industriale in un materiale di altissima qualità per la moda.

## TESSUTI E NUOVE TECNOLOGIE

### Resistex Carbon

Resistex® Carbon è un filato ottenuto dall'unione di fibre tessili con un filamento continuo di materiale conduttivo a base di carbonio attivo, nato per migliorare le performance sportive, attraverso le proprietà delle fibre che alleviano la fatica e aumentano l'energia, denotando così risultati migliori rispetto a quelli ottenuti da un atleta che indossa abbigliamento sportivo in normale poliestere. Tre benefici tangibili: riduzione del fabbisogno di ossigeno, riduzione dei battiti cardiaci e dell'acido lattico.



## **Resistex Cooper**

Resistex® Copper è un filato nato nei laboratori di Tecnofilati, ottenuto dall'unione di fibre naturali o artificiali con uno speciale filamento di rame extra sottile, nudo o smaltato. Questo materiale, storicamente noto per la sua conduttività elettrica, termica e per le proprietà antibatteriche è stato declinato in molteplici livelli di utilizzo e, grazie alla sua speciale struttura, mantiene efficaci nel tempo le sue caratteristiche, anche dopo numerosi lavaggi.



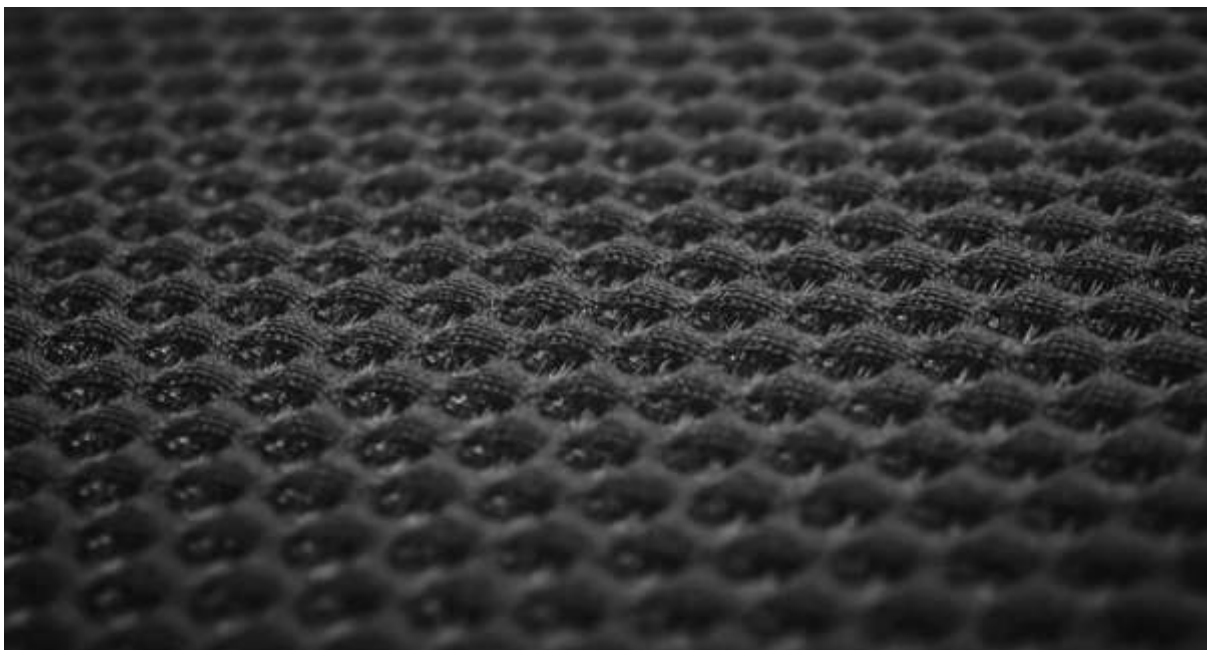


## Filato HLX



La struttura del filato HLX® ha una forma elicoidale ed è formata da una trama superficiale che può essere composta da qualsiasi fibra ma al cui interno si trova il PET riciclato. HLX® è ideale per abbigliamento, calzature, arredamento e per l'industria marittima e automobilistica. La forma elicoidale migliora la resistenza all'abrasione; è prodotta in mescolanza con altre fibre naturali o sintetiche, beneficia delle caratteristiche delle fibre scelte. L'elica di HLX può essere realizzata con cotone, bambù, carbone, lana, canapa, lino e una gamma di fibre sintetiche ad alta tenacità con proprietà come resistenza alla fiamma, resistenza potenziata, antimicrobica e assorbimento dell'umidità.

## The Breath



Il tessuto tecnico innovativo The Breath, per esempio, progettato per attirare le molecole inquinanti all'interno, grazie a nano molecole attivanti, blocca gli inquinanti all'interno della struttura in tessuto senza possibilità di rilascio nell'ambiente, le molecole inquinanti assorbite vengono poi disgregate. Il primo tessuto in grado di assorbire le polveri sottili nocive presenti nell'aria e disaggregarle, reintroducendo in circolo aria pulita.

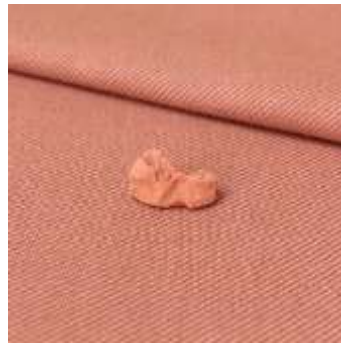
## **1.2 Individuazione di complementi di arredo che prevedono l'utilizzo di tessuti tecnici innovativi, sicuri, sostenibili e performanti**

### **ARREDO**

#### **Of Weaves and Pigments**

Jonathan Olivares + Kvadrat

La costruzione di questo tessuto è stata influenzata dalla trama in twill e dal colore del tessuto in fibra di carbonio. La fibra di carbonio viene utilizzata nella costruzione di componenti leggeri e resistenti nel settore automobilistico, nautico e sportivo. Lo sviluppo di un tessuto consociato in lana consente ai progettisti di abbinare i componenti rigidi o flessibili della fibra di carbonio con un componente imbottito morbido, ottenendo un oggetto totale realizzato interamente con tessuto a trama twill.



## Antimicrobial furniture collection

Isku



Negli spazi condivisi i batteri si diffondono facilmente e occorre prestare attenzione alla prevenzione e alla sanificazione adeguata degli spazi. I materiali antimicrobici aiutano a ridurre la diffusione di microbi sulle superfici tattili.

Isku+ è la prima collezione di mobili antimicrobici sviluppata da Isku, che riduce in modo dimostrabile la diffusione di microbi sugli arredi pensati per scuole, uffici e strutture sanitarie. Questa innovazione di Isku sfrutta le proprietà del rame e dell'argento naturale che attraverso nanotecnologie vengono incorporati su superfici, tessuti e rivestimenti e prevengono attivamente la diffusione e la trasmissione di infezioni.

## **Move**

Studio Layer + Airbus

Move è un sedile per aereo realizzato con tessuti intelligenti che grazie ad un'app consente ai passeggeri di migliorare la propria esperienza di volo anche in classe economica o in viaggi da brevi a medi. Ogni unità è un pezzo unico, composto da un sedile in tessuto a trama digitale attaccato ad un telaio ultraleggero. La trama della copertura in tessuto intelligente è collegata ad una serie di sensori che rilevano il corpo dell'utente e le condizioni della seduta stessa.

Temperatura, pressione e movimento sono alcuni dei parametri che possono essere monitorati e controllati dai passeggeri tramite smartphone, utilizzando l'app Move, anch'essa creata da Layer. L'app analizza i dati e invia messaggi al passeggero su come migliorare il comfort. Ad esempio, può suggerire di alzarsi e fare una passeggiata per migliorare la circolazione, allungare l'esercizio da seduti o la necessità di bere un po' d'acqua.



## **Toast**

Studio Hopkins

Questo pannello acustico classificato NRC è abbastanza leggero da consentire a chiunque di spostarlo. Il supporto di tensione in metallo consente di aggiungere un tocco di colore. La superficie adattabile lo rende ideale per il brainstorming. Verticale o orizzontale, è perfetto per riunioni estemporanee.



## **Shade**

Saba

Saba reinterpreta il paravento in chiave contemporanea destinandogli un posto nel living. Shade è un filtro, una quinta, un piccolo sistema che si compone costruendo gli spazi, decorando, separando, ritagliando angoli di privacy. Le due misure permettono di creare ambienti fortemente caratterizzanti, scegliendo tra diversi tessuti che si accostano armoniosamente agli imbottiti e agli accessori. La forma morbida priva di angoli è la cifra riconducibile al poetico segno progettuale del designer Marco Zito.



## Shield

True Design

Shield è una collezione di pannelli divisorii che garantiscono un elevato livello di privacy senza opprimere troppo l'utilizzatore. La logica costruttiva è molto semplice ed è adatta per ricavare piccole isole di pace all'interno dell'ambiente di lavoro, dove poter riposare, leggere, chiacchierare. Questo oggetto è pensato come divisorio con funzioni acustiche, si adatta con facilità ad ogni tipo di spazio, grazie anche alle diverse conformazioni e alle variabili cromatiche possibili.





## ACCESSORI PER LA TAVOLA



## PICCOLA PELLETERIA

### FOLD

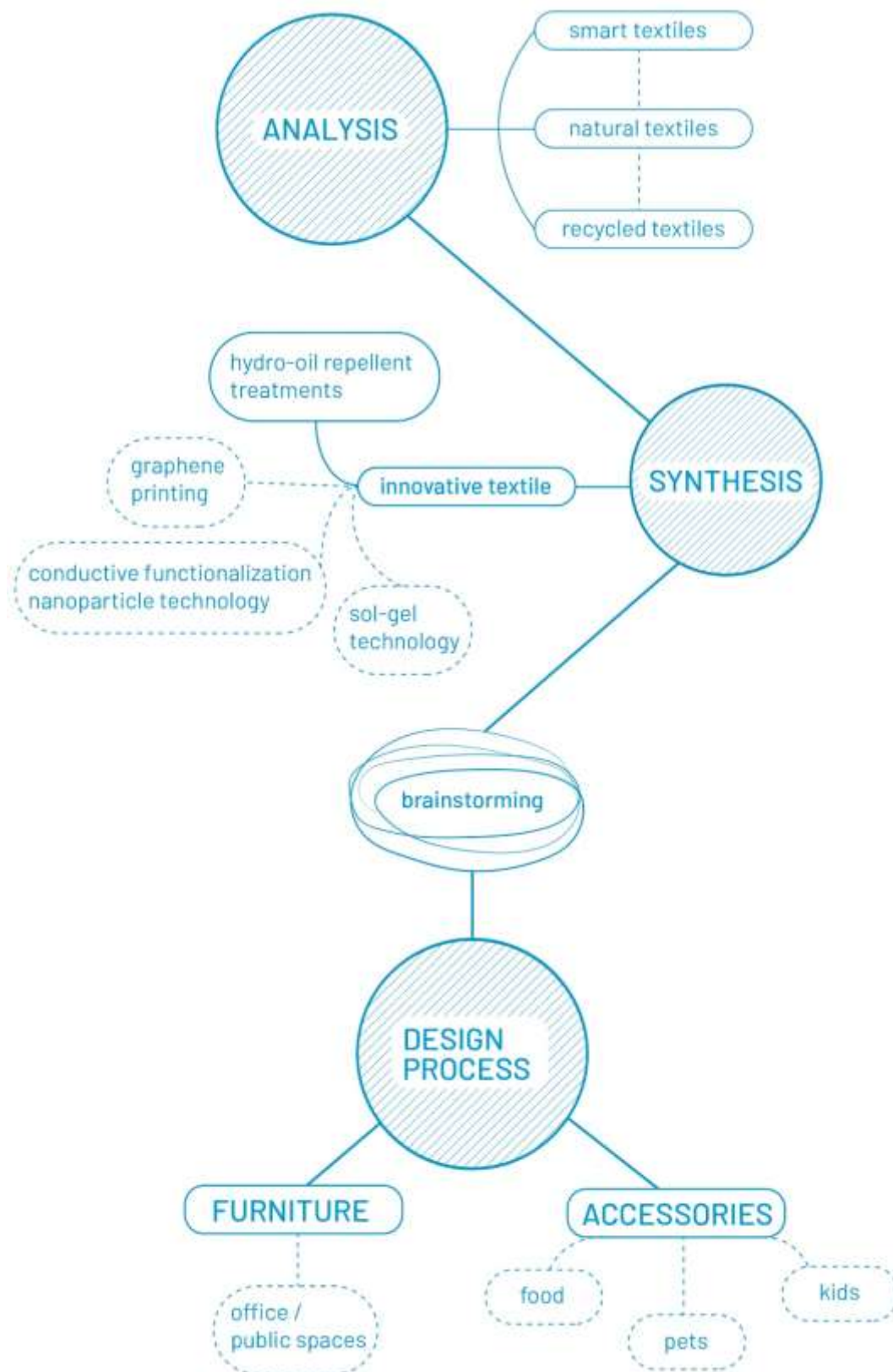
Studio Lemur

Fold è un portafoglio in pelle dalla forma essenziale. Ricavato da un unico foglio di pelle conciata al vegetale, ripropone l'idea dell'origami per minimizzare il processo di cucitura e semplificare l'assemblaggio.





## 2 Individuazione dei possibili ambiti di applicazione per tessuti e pelli trattate



L'obiettivo del progetto è quello di **valorizzare** le caratteristiche altamente performanti dei materiali sviluppati dalle aziende partner e realizzare complementi di arredo e accessori in grado di esaltare i **valori tipici della produzione Made in Italy**. In seguito ad un'attenta analisi di mercato, sono stati individuati e selezionati i settori di intervento che più necessitano di prodotti realizzati con materiali funzionali e performanti.

Inoltre, a fronte delle conseguenze dovute alla pandemia da Covid-19, sono emerse problematiche relative agli arredi per gli **spazi pubblici**. Ad esempio **uffici, ristoranti** e più in generale tutti quegli ambienti sottoposti ad un flusso continuo di persone, ospitano prodotti maggiormente sottoposti ad usura e macchie, e conseguentemente necessitano di un'importante riflessione sul materiale impiegato.

Altri settori sensibili al tema dell'igiene del prodotto sono quelli dell'accessorio e della piccola pelletteria, in particolare quando si tratta di prodotti per bambini o animali domestici.

I **bambini**, ad esempio, si divertono senza prestare troppa attenzione all'igiene dei loro giocattoli, ecco **che risulta importante intervenire sulla funzionalizzazione del materiale** per garantire che l'interazione col gioco avvenga in totale sicurezza. Inoltre, un materiale opportunamente trattato, può migliorare e facilitare le operazioni di lavaggio e sanificazione. Anche per chi possiede **animali domestici** è necessario fare attenzione all'igiene dei prodotti pensati per gli spazi comuni (cuccia, ciotole...), al fine di prolungarne la durabilità ed evitare macchie e cattivi odori.

### **3 Definizione della strategia progettuale e realizzazione di prodotti per i seguenti settori:**

#### **3.1 Complemento d'arredo**

Il progetto legato al complemento d'arredo interno prevede la creazione di un prodotto multifunzione per gli spazi dedicati all'ufficio o luoghi pubblici. **Stele**, è l'oggetto in questione, ed è composto da due elementi ad incastro che a seconda di come vengono combinati, possono costruire un separè oppure un tavolo da fumo / salotto (Fig. 1-2).

Entrambi gli elementi, come da obiettivo da progetto, sono rivestiti da tessuto e pelle trattate secondo il processo idro-oleo repellente con trattamenti assistiti al plasma a freddo (NTP) dei substrati oggetto di studio e rispondono alle caratteristiche di novità, frutto della ricerca e progettazione / prototipazione di prodotti innovativi, ottimizzati in un design sintetico, in grado di dare senso alle innovazioni e ampliare l'appel di mercato - design driven innovation.



Fig. 1 - Stele, separè e tavolino

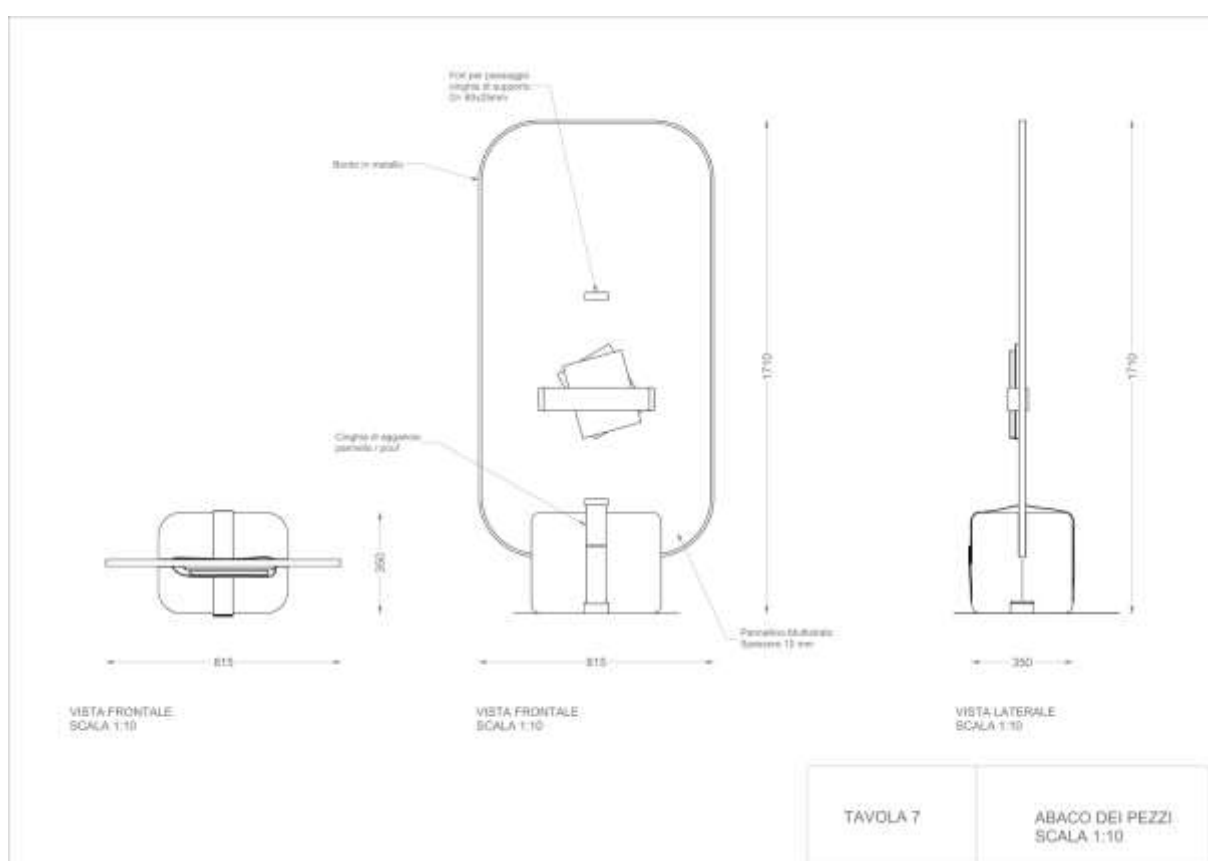


Fig. 2 - Stele, tavole tecniche delle dimensioni.

Attraverso le competenze del team di progettazione del Laboratorio di Design per la Sostenibilità, si sono sviluppate alcune idee che hanno visto la realizzazione del prototipo consultabile nelle immagini seguenti.

Alla base della progettazione vi era la possibilità di creare un oggetto dalle forme semplici e lineari, facile da utilizzare e da muovere.

L'obiettivo: provare a rispondere a quelle che saranno i nuovi modi di abitare e vivere uno spazio interno, organizzando l'ambiente attraverso oggetti, modulando gli spazi attraverso essi, creando forme alternative di interazione e in alternativa, zone di privacy. Un ulteriore contributo della progettazione ha voluto rispondere anche alla attuale situazione sanitaria, sia in ottica di distanziamento fisico / sociale attraverso il pannello divisorio che permette di essere modulato, riproposto e movimentato, che attraverso l'utilizzo del materiale grazie al trattamento della superficie precedentemente citato. Il risultato appare quindi come un insieme di elementi bidimensionali e tridimensionali base della geometria: quadrato, rettangolo, parallelepipedo.

Il primo elemento, il "pouf", ovvero la base di tutto il prodotto, è realizzato con uno scheletro in legno, una sovrastruttura applicata in gommapiuma / poliuretano espanso ed infine rivestito con pelle cruda / grezza, color Warm chestnut brown A9074 (Fig.3-4-5-6). Le cuciture presenti sulla pelle, sono state rimarcate a vista come scelta estetica, utilizzando un filo del medesimo colore del tessuto con cui è stato rivestito il pannello superiore. La base "pouf" presenta un ingombro abbastanza ridotto 350 x 450 x 350 mm dato che non possiede effettivamente il ruolo di una seduta ma principalmente servirà come base sia per l'utilizzo dell'oggetto separè che per il tavolo da fumo. La forma parallelepipedica presenta delle smussature e riscontra l'idea di forma geometrica base precedentemente descritta. La struttura del "pouf" è stata resa stabile attraverso l'applicazione di lastre in metallo fissate alla base (vedere esploso). La particolarità di questo elemento è la base di appoggio a terra, divisa in quattro parti per consentire il passaggio di due cinghie di sicurezza che aiutano a bloccare il pannello in posizione verticale od orizzontale, a seconda dell'utilizzo. Le cinghie, oltre alla funzione pratica, donano all'interno oggetto un'estetica accattivante, attraverso l'utilizzo del colore e del materiale (tessuto elastico).

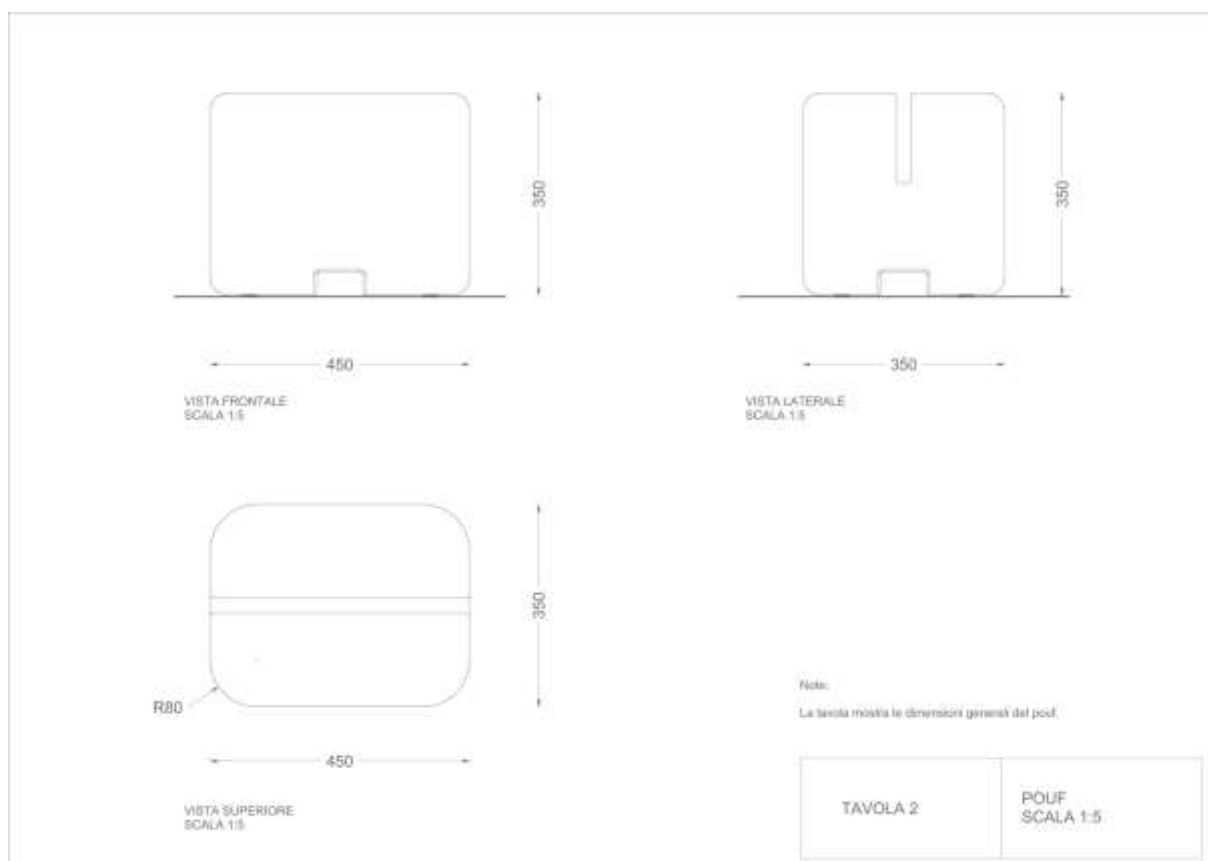


Fig. 4-5-6 Prototipo della base di Steele, realizzato da Chaos Prototipi Imbottiti di Fausto Frosini

Il secondo elemento a composizione dell'intero oggetto è il pannello (Fig.7 e 8). Esso possiede una doppia funzione: posto in verticale si pone come elemento di separazione, mentre in orizzontale si trasforma in superficie di appoggio del tavolino. Il pannello è composto da più materiali: una tavola di legno multistrato spessore 12 mm di forma rettangolare i cui vertici sono stati raggiati  $R=200\text{mm}$  finito, in modo da richiamare le curve presenti nel "pouf". A sua volta la tavola, è stata forata in quattro punti utili al passaggio delle cinghie di sicurezza, permettendo ad esse di bloccare l'intero pannello in posizione verticale ed orizzontale. Alla tavola in legno è stata applicato per una sola delle due facce, uno strato di gommapiuma e ovatta sintetica per restituire morbidezza al tatto nel momento in cui si ha il contatto con il tessuto che verrà applicato a copertura. La particolarità del pannello, risiede infatti nelle due facce differenti che permettono di poter toccare i due materiali principali: legno e tessuto, consentendo di scegliere se utilizzare quella ricoperta dal tessuto o quella con legno a vista. Il tessuto di rivestimento è 100% Poliestere, colore 736 BRUMA (trattato idro-oleo repellente secondo la metodologia descritta all'inizio), è stato spillato lungo tutto il bordo della tavola in legno, attorno al quale vi è stato applicato un cordolo in legno piegato e sagomato a misura per rifinire l'oggetto e nascondere le spillature su legno.



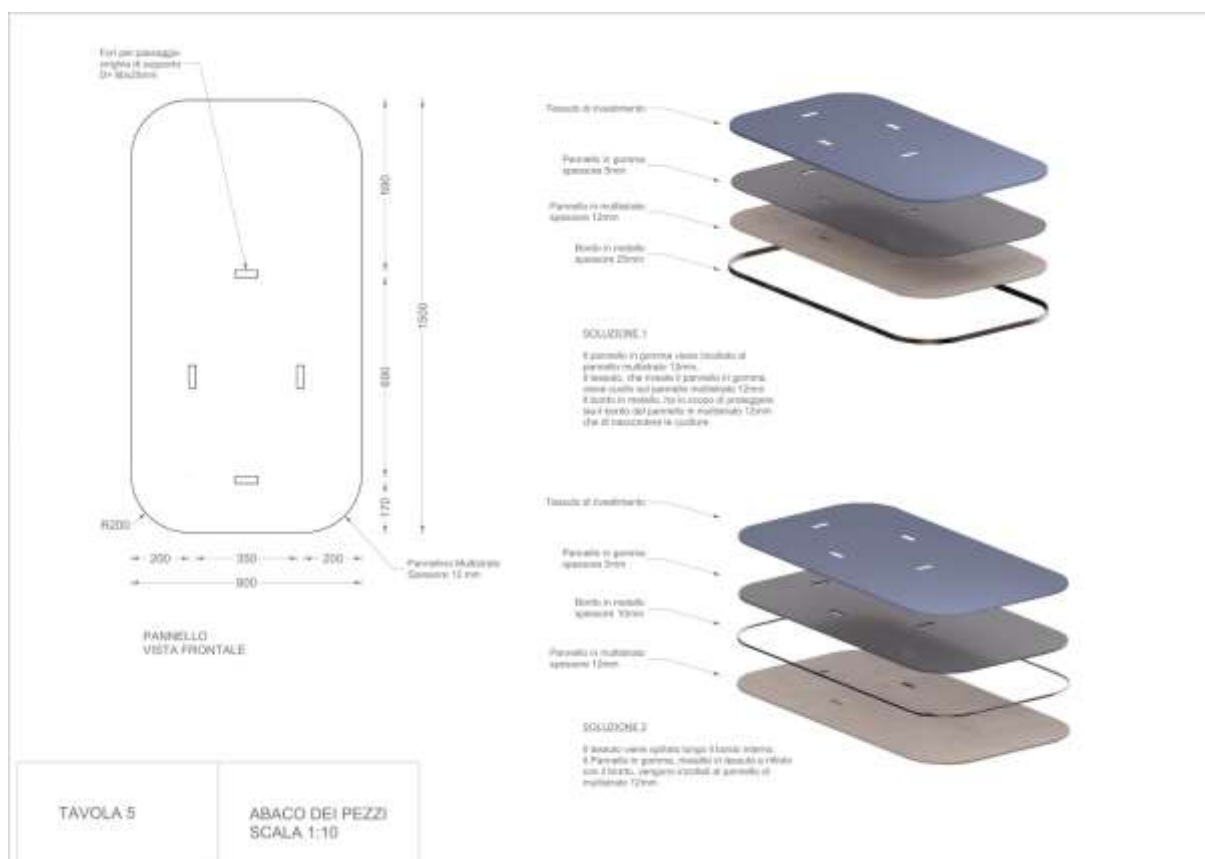


Fig. 7-8 Prototipo del pannello di Steele, realizzato in tessuto Poliestere.



Realizzazione pannello rivestito con tessuto idro-oleorepellente

Il progetto, seppur attualmente concretizzato nel singolo oggetto composto dai due elementi sopra descritti e visibile nelle immagini, non si esaurisce nel medesimo ma può essere ampliato aggiungendo altri oggetti (dalle forme semplici) con l'obiettivo di creare una collezione facilmente spendibile nel mercato di riferimento (Fig. 9).

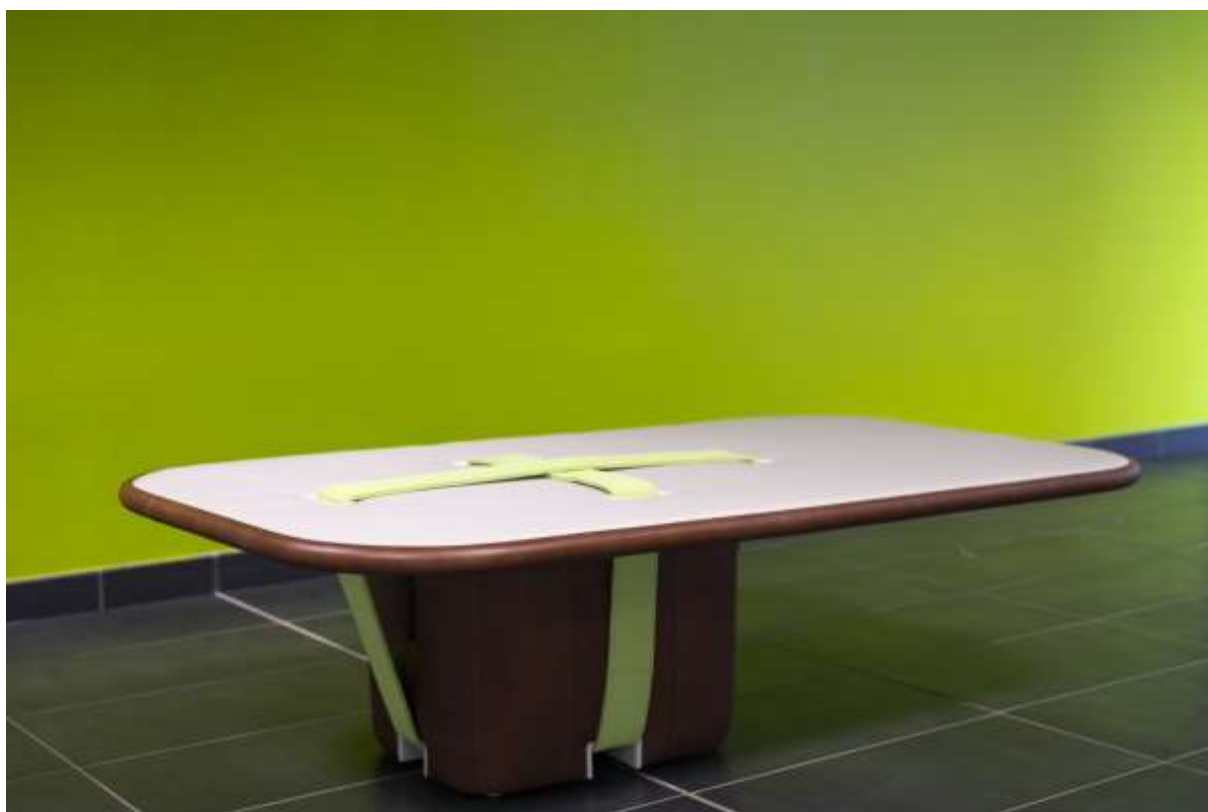


Fig. 9 Immagine della collezione Stele. I materiali applicati agli oggetti nel render non sono gli originali ma una prova realizzata durante la fase di progettazione grafica.





Foto prototipo  
prodotto in posizione 1  
(a lato) e 2 (sotto)



### 3.2 Accessori per la tavola

#### SET DA TAVOLA

Il set **“Convivio”**, composto da un centrotavola, un vassoio, un porta posate ed una tovaglietta americana, nasce con lo scopo di valorizzare le proprietà di idro-oleo repellenza della pelle utilizzata.

Il set è pensato per il settore della ristorazione, ed è composto da elementi che accompagnano il cliente durante il pasto; pelle e pietra si alternano in questa collezione, creando un contrasto sia visivo che tattile che ne esalta le reciproche caratteristiche.



fig 1. “Convivio”, vista prospettica del set completo di centrotavola, portaposate e tovaglietta americana.



fig 2. “Convivio”, vista dall’alto del set completo di centrotavola, portaposate e tovaglietta americana.

Tutte le componenti del set sono estraibili così da permetterne il rapido disassemblaggio per evitare che lo sporco si annidi, la semplicità delle forme è stata pensata per permettere tra un pasto ed un altro la sua pulizia profonda, rapida e continua.



fig 3. “Convivio”, esploso della componente in pelle e del vassoio in pietra.

Il centrotavola si sviluppa come un unico prodotto composto da 4 oggetti: un vaso, un porta candela, un’oliera e un vasetto per cioccolatini da accompagnare al caffè alla fine del pasto.

Alla base di questo prodotto c’è il concetto di “Rituale”, a sottolineare l’importanza del pasto come momento di intima convivialità, soprattutto nella tradizione italiana.

Ogni prodotto è pensato per accompagnare e guidare l’utente in questa “esperienza”, attraverso alcune indicazioni impresse sulla pelle tramite laseratura.

## LUNCHBAG

“Filosofia Popolare” è una collezione di lunch-bags in pelle trattata secondo il processo idro-oleo repellente con trattamenti assistiti al plasma a freddo (NTP).

Il progetto prevede la realizzazione di una sacca porta-pranzo dalla duplice funzione.

Oltre ad essere utile per contenere e trasportare la lunchbox a scuola o a lavoro, una volta aperta diventa una pratica tovaglietta per il pranzo.



fig 1. Collezione Lunch-bag “Filosofia Popolare”

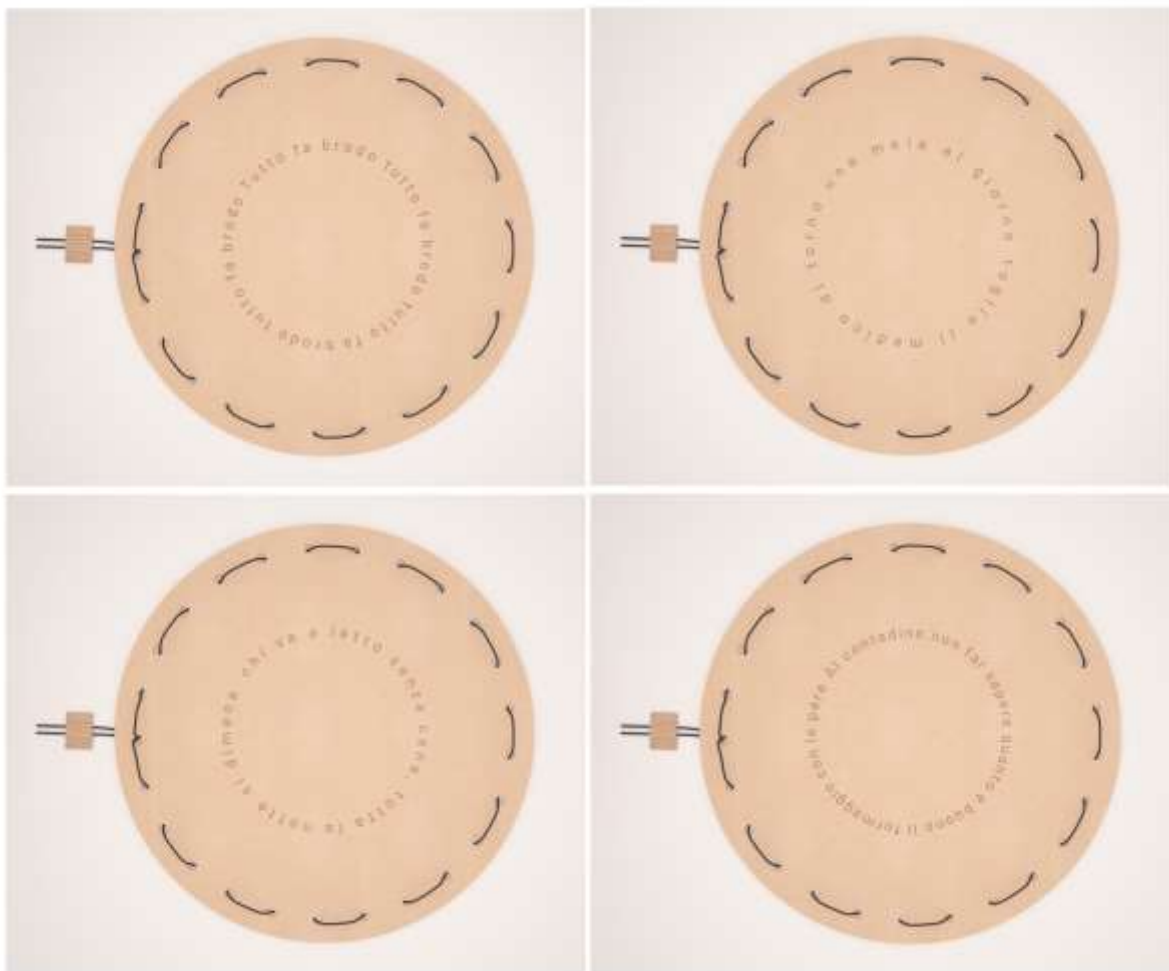


fig 2. Laseratura proverbi

Il nome della collezione fa riferimento ai proverbi impressi sulla pelle tramite laseratura. Il prodotto prende in prestito dalla tradizione popolare i più famosi modi di dire sul cibo per ribadire lo stretto legame con il territorio ed esaltare il concetto di Made in Italy.

### 3.3 Accessori per animali

La collezione per animali è realizzata con tessuti e pellami con finitura idro-oleo repellente. La decisione di utilizzare la combinazione di due materiali, oltre ad essere una scelta funzionale, consente di ottenere prodotti con caratteristiche tattili differenti. Le soluzioni tecnologiche relative ai materiali impiegati, vengono valorizzate attraverso l'approccio di sintesi del design.

Gli animali domestici nella maggior parte dei casi vivono all'interno delle nostre abitazioni, contribuendo ad incrementare la sporcizia. I fattori che presentano maggiori problematiche sono legati alla gestione del cibo, della toilettatura e il lavaggio dei giocattoli.

La zona dedicata all'alimentazione è sicuramente una delle più soggette a sporcizia, il cibo e l'acqua possono fuoriuscire dalle ciotole macchiando il pavimento, inoltre se non vengono utilizzati materiali adatti i germi possono annidarsi nei contenitori.

La perdita di pelo all'interno delle abitazioni è un'ulteriore problematica, infatti generalmente gli animali domestici hanno alcuni punti di riferimento che prediligono, il che comporta un accumulo di sporcizia e peli in questi luoghi.

Inoltre anche la saliva degli animali domestici può comportare problematiche di igiene, dunque i giochi per esempio sono un veicolo di trasporto, ed è fondamentale che possano essere facilmente puliti e disinfettati.

A seguito di queste considerazioni si è delineato il progetto, pensato nello specifico per gatti e cani di piccola taglia. La collezione è composta da una postazione per acqua e cibo, una cuccia, un astuccio porta sacchetti igienici per cane, e un set di giocattoli. L'intera collezione si basa su principi comuni, tra cui la facilità di disassemblaggio per permettere una pulizia accurata di tutti gli accessori, l'impiego di materiali idro-oleo repellenti, forme semplici per portare l'attenzione sul materiale e la volontà di non creare materiale di scarto.

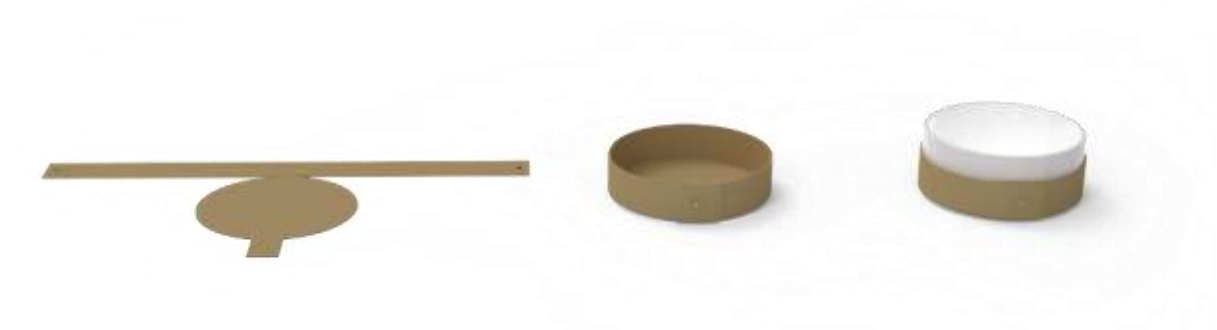


fig.1 Porta ciotole "Icché c'è c'è", modalità di assemblaggio delle componenti.

**“Icchè c’è c’è”** è l’accessorio pensato per l’alimentazione, composto da un tappetino in pelle, a cui vengono fissati i porta-ciotole del medesimo materiale. Ancorare le ciotole al fondo ha un duplice vantaggio, innanzitutto non si sposteranno alla pressione che viene esercitata dall’animale, inoltre se il contenuto dovesse fuoriuscire non danneggerà il pavimento, bensì sarà facilmente lavabile. Per facilitare la pulizia le ciotole possono essere semplicemente rimosse per essere igienizzate, i porta-ciotole sono ancorati al tappetino tramite dei bottoni a pressione, dunque possono facilmente essere rimossi e disassemblati.

La base in pelle concede la possibilità di personalizzare l’accessorio ricamando il nome dell’animale.



fig 2. “Icchè c’è c’è”, set composto con nome ricamato sulla pelle

**“Pennichella”** è una cuccia pensata in due materiali per aumentare il confort dell’animale mantenendo comunque i fattori di praticità e igiene. Il cuscino in tessuto, con finitura superficiale idro-oleo repellente, funge sia da base che da supporto alla fascia esterna, grazie ai bottoni apposti sui lati del cuscino. Lo schienale è realizzato in pelle, al suo interno va ad accogliere un’imbottitura che garantisce confort e sostegno. Nella parte inferiore presenta delle asole attraverso le quali vengono fatti passare i bottoni, rendendo la cuccia facilmente disassemblabile per facilitare la pulizia.



fig. 3 Pennichella, cuccia assemblata

**“Zonzo”** è un astuccio porta-sacchetti ideato per portare a spasso i cani. Questo piccolo accessorio presenta forme essenziali, è composto da un'unica componente in pelle con trattamento superficiale idro-oleo repellente, che viene assemblato tramite semplici pieghe e infine fissato grazie all'ausilio di due rivetti per pelletteria. All'interno possono essere accolti i rotoli di sacchetti igienici nei formati standard. La fessura laterale risultante dalla piega della pelle può essere utilizzata per fissare l'astuccio direttamente al guinzaglio.



fig 4. “Zonzo”, render dell’astuccio porta sacchetti igienici



**“Ninnoli e Nannoli”** è una collezione di giocattoli realizzata con i ritagli di tessuto e pelle rimanenti, pensata per stimolare gli animali grazie a sensazioni tattili differenti, e frange di tessuto che creano movimento. Una serie di giocattoli dalle forme irregolari, che stimolano la curiosità e il movimento, garantendo anche facilità di pulizia. Attraverso scampoli di rimanenza altrimenti definiti scarti si crea una collezione giocosa e divertente in cui forme irregolari, e materiali di diverso tipo si combinano in accessori funzionali.

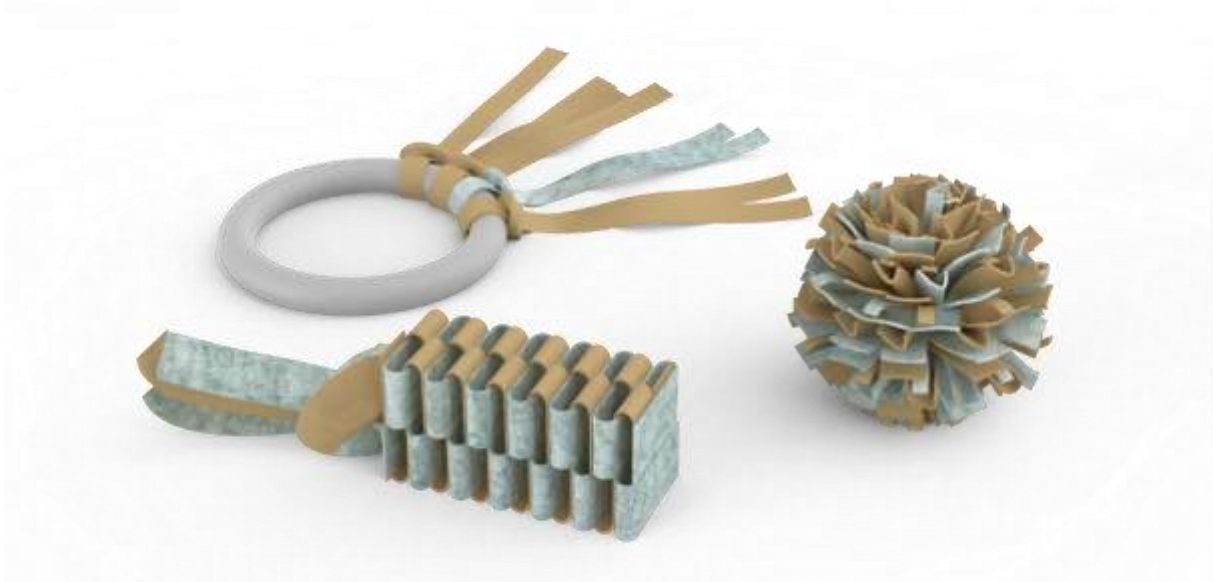


fig 5. “Ninnoli e Nannoli”, collezione di giocattoli per animali

### 3.4 Piccola pelletteria / Giochi per bambini

La collezione giochi per bambini **“Questo non è un...”** è realizzata in pelle trattata secondo il processo idro-oleo repellente con trattamenti assistiti al plasma a freddo (NTP), in due colori, marrone scuro e cammello.



fig 1. Collezione “Questo non è un...”

Il gioco si compone di due parti, unite tra loro tramite bottoni automatici. La parte imbottita e rivestita in pelle scura rappresenta il corpo, l'altra parte, sagomata sulla pelle color cammello raffigura invece la testa.

Il prodotto è pensato per stimolare la creatività del bambino che, staccando e riposizionando la testa sulle varie componenti imbottite, può generare di volta in volta animali immaginari.

La collezione si ispira formalmente agli animali tipici della campagna italiana: il cane, il coniglio, la pecora, il maiale e l'oca; ancora una volta a sottolineare lo stretto legame con il territorio.



fig. 2 Componenti disassemblate



fig. 3 Dettaglio bottone automatico



Foto prototipi



Foto prototipi,  
possibilità di creare  
nuove combinazioni.



### 3.5 Realizzazione prototipi per settori industriali

Gli end-users industriali hanno realizzato i prototipi finali dei prodotti per i settori di pertinenza (Abbigliamento, calzature, materassi) a partire dai tessuti e pelle selezionati e successivamente funzionalizzati mediante trattamento plasma (Deliverable 1.3). La funzionalizzazione superficiale dei

materiali ha conferito proprietà di idro ed oleorepellenza evidenziando proprietà antimacchia senza variazioni significative del comfort termofisiologico.

I prototipi selezionati dalle aziende sono i seguenti :

- Morfeus S.p.A. (materasso)



- Calzaturificio Gal. men S.R.L. (tomaia per scarpa uomo)





La compatibilità dei tessuti funzionali con i processi di confezione e di preparazione della pelle è stata verificata da parte dei partner industriali in quanto è fondamentale che lo strato funzionale non venga rimosso a seguito di stress meccanico a cui i tessuti/pelle potrebbero essere soggetti in queste lavorazioni. Il grado di idrorepellenza è stato determinato per mezzo del test con soluzioni acqua/isopropanolo (INDA Standard Test 80.6) mentre l'oleorepellenza è stata determinata in accordo con il metodo AATCC Standard Test Method 118-1984 e INDA Standard Test 80.7-92 (Deliverable 1.3).

I risultati ottenuti sono stati i medesimi confermando che i processi di lavorazione non comportano una perdita di funzionalità dei tessuti e pelle utilizzata.

## 4 Conclusioni

Arredi e accessori sono pensati per esaltare le prestazioni performanti dei tessuti e delle pelli sviluppati all'interno del progetto, nell'ottica di rispondere alle esigenze sollevate dalla recente emergenza sanitaria da Covid-19.

La pandemia ci ha costretti a ripensare gli spazi e gli oggetti che popolano quegli spazi, a prestare particolare attenzione alle caratteristiche del materiale impiegato e alla sostenibilità del processo di produzione. L'obiettivo del progetto è, dunque, quello di riprogettare i prodotti



che ci accompagnano quotidianamente, nell'ottica di garantire sicurezza e igiene sia per il settore pubblico che per quello privato.

Il leitmotiv che accomuna tutte le collezioni progettate è l'aderenza al concetto di qualità ed equilibrio formale proprie della produzione Made in Italy, con l'obiettivo di valorizzare le aziende, le maestranze e le peculiarità del territorio nazionale.



Cluster Tecnologico Nazionale Design, Creatività e Made in Italy

## **DESIGN NEXT MADE IN ITALY**

CTN02\_00053

## **PROGETTO FUNK-ITALY**

Progettazione di prodotti 'Made in Italy' funzionalizzati, innovativi e sostenibili

CTN02\_00053\_10024434

### **D.1.5 - Analisi LCA effettuata sul nuovo ciclo produttivo**

Versione deliverable:	
Data	30/12/2020
Tipo di documento	Report
Stato del documento	Final
Autore/i	Daniele Spinelli
Livello di confidenzialità	

## Sommario

<b>Partner</b> .....	<b>2</b>
<b>1 SOMMARIO</b> .....	<b>3</b>
<b>2 OBIETTIVI DEL PROGETTO</b> .....	<b>3</b>
<b>3 CONCLUSIONI</b> .....	<b>13</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>15</b>

### Partner

Ragione sociale	Abbreviazione
Calzaturificio Gal.men S.R.L.	Gal.men
Città Studi S.p.A.	Città Studi
CNR-DIITET (Dipartimento ICT, Ingegneria, Tecnologie per Energia e i Trasporti)	CNR
Consorzio Interuniversitario Nazionale per la Scienza e Tecnologia dei Materiali	INSTM
COSMOB S.p.A.	COSMOB
G&P NEXT S.p.A.	G&P
Marchi & Fildi S.p.A. Industrie Italiane Filati	Marchi & Fildi
Morfeus S.p.A.	Morfeus
OTIR2020, Tuscany Fashion Cluster - NextTechnology Tecnotessile S.r.l.	OTIR2020-TFC
Università degli Studi di Firenze	UNIFI

## 1 SOMMARIO

Per valutare i carichi ambientali connessi con lo sviluppo di nuove strategie da implementare nell'industria tessile o della pelle o dell'arredo, ed in particolare per i trattamenti al plasma verrà effettuata un'analisi di Life Cycle Assessment. L'analisi LCA verrà utilizzata per identificare e quantificare i flussi di energia e materiali utilizzati nell'intero ciclo produttivo. Questo uso interattivo permette di valutare i benefici/impatti ambientali e di prevenire eventuali problematiche ambientali correlate con i prodotti/processi utilizzati.

I dati LCA saranno abbinati con un'analisi tecnica ed economica dei processi testati al fine di favorire l'industrializzazione presso gli utenti finali a fine progetto della tecnologia oggetto di studio.

## 2 OBIETTIVI DEL PROGETTO

Le operazioni di finissaggio si applicano sui tessuti allo scopo di migliorarne l'aspetto, la mano, le proprietà e le funzioni relativamente ai possibili e diversi campi di impiego; il finissaggio viene svolto inoltre allo scopo di conferire ai tessuti finiti proprietà tali da garantire un comportamento ottimale in confezione e durante l'uso.

Il finissaggio viene svolto con processi e apparecchiature diverse a seconda del substrato tessile cui viene fatto riferimento (fiocco, filato o tessuto), la natura fibrosa e l'utilizzo finale previsto del tessuto.

Il trattamento viene svolto con:

- Mezzi meccanici che svolgono azioni fisiche sul tessuto quali la frizione, la variazione di temperatura e/o di pressione, la tensione ed altre.
- Mezzi chimici previa applicazione di prodotti chimici naturali e/o di sintesi, che sono legati alle fibre in modo più o meno permanente.
- Combinazione di mezzi meccanici e chimici.

Secondo i mezzi utilizzati è possibile classificare i processi di finissaggio convenzionali:

### ***Finissaggio Meccanico a secco***

- Calandratura per incrementare sul tessuto lucidità, compattezza e mano liscia per mezzo di frizione, pressione, calore;
- Lucidatura è una operazione di calandratura effettuata con particolari calandre che impiega l'azione del calore, dell'attrito e ausiliari lucidanti.
- Goffratura è un particolare tipo di calandratura che permette l'incisione di disegni semplici sul tessuto.
- Smerigliatura è il processo con cui è possibile ottenere il tessuto con mano molto più morbida e con maggiore effetto isolante poichè viene sollevato il pelo superficiale del tessuto. Per ottenere questo effetto si utilizza un cilindro ricoperto da materiale abrasivo.
- Garzatura; si ottiene sollevamento del pelo superficiale con conseguente isolamento termico utilizzando cilindri mobili con aghi ricurvi in moto vario rispetto al tessuto.
- Cimatura per tagliare il pelo superficiale del tessuto con appositi organi di taglio.

- Bruciapelo lavorazione con cui viene eliminato il pelo superficiale sporgente del tessuto bruciandolo con fiamma a gas.

### ***Finissaggio meccanico ad umido***

- Calandratura ad umido: procedimento simile alla calandratura a secco, l'unico particolare differente è l'utilizzo di vapore, oltre a frizione, pressione e calore

- Follatura con la quale, sfruttando un'azione di calore combinata con l'azione meccanica di sfregamento e compressione, viene modificata la struttura, il compattamento e il rientro della lana vista la sua naturale tendenza ad infeltrire

- Sanforizzazione con cui si rende il tessuto stabile dimensionalmente tramite azione combinata meccanica e termica in cui forze meccaniche e vapore acqueo "compattano" il tessuto avvicinando i fili di trama l'applicazione di forze meccaniche e di vapore acqueo.

- Decatissaggio è la lavorazione che permette di eliminare l'effetto lucido del tessile, si regolarizza la superficie, si stabilizzano le dimensioni del tessuto e/o la forma desiderata applicando vapore saturo secco o surriscaldato su fibre che godono già in natura di termoplasticità propria.

- Foulardaggio, il tessuto avvolto su un subbio, viene guidato in contenitore con sostanze chimiche da applicare. Il tessuto poi viene passato tra cilindri spremitori dove avviene trattamento termico e asciugatura del pezzo.

- Trattamento in ramosa: favorisce l'asciugatura di un tessuto che, umido, viene movimentato e traslato attraverso una circolazione forzata di aria calda;

- Garzatura: trattamento della superficie del tessuto (principalmente tessuto di lana) con aghi per sollevare una peluria della lunghezza desiderata in modo che la superficie del tessuto trattata appare maggiormente pelosa e soffice

- Vaporizzo: trattamento effettuato allo scopo di rilassare eventuali tensioni interne del tessuto. Il tessuto viene investito da vapore perdendo gran parte della stabilità coesiva derivante dalle lavorazioni precedenti sul tessuto e quindi è libero di restringersi e assumere le dimensioni naturali.

### ***Il finissaggio chimico***

Prevede, oltre all'applicazione di azioni meccaniche sul tessuto, la deposizione di prodotti aggiuntivi di diversa natura che conferiscono al tessuto alcune proprietà che sarebbero impossibili da conseguire usando solo processi meccanici.

L'impiego di prodotti chimici permette di attribuire (e/o modificare) al tessuto proprietà più ambiziose quali: morbidezza, antipiega (Wash and wear/Permanent-Press), antiscorrevolezza, antifiama, idrofobicità, oleofobia, impermeabilizzazione, antisporcizia, antistaticità, antimuffa e antibattericità.

I prodotti che possono essere applicati sul tessuto col trattamento chimico di finissaggio sono:

- Naturali, come colle, grassi, oli, amidi;
- Artificiali (amidi modificati, cellulosa modificata);
- Sintetici (prodotti di sintesi) tra i quali derivati N-metilolici (termoindurenti, reattanti), reattanti lineari (carbammati, epossidici), polimeri termoplastici (viniliche, acriliche, polietileniche), poliuretani e siliconi.

Tali prodotti vengono depositi sul tessuto da trattare per foulardaggio, per esaurimento in bagno lungo, per spalmatura con dispositivi a racle e per applicazione controllata di bassi quantitativi di bagno.

Il processo del trattamento al plasma è un processo a secco, che non fa uso di acqua se non per il raffreddamento di elettrodi, pompe da vuoto e generatore, che pertanto rimane pulita e può essere riciclata.

E' questo un elemento di importante distinzione del trattamento al plasma nei confronti delle ordinarie tecnologie in uso, che invece sono sempre basate su elevati consumi di acqua.

Preparare materiali con il trattamento al plasma significa dotare la superficie dei materiali trattati di caratteristiche chimico-fisiche tali da ridurre in modo significativo ed, il più delle volte, da eliminare completamente l'uso di solventi utilizzati di solito nei processi di lavorazione successivi.

L'analisi del ciclo di vita si è articolata nelle seguenti quattro fasi:

- a) definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione. Stabilire il contesto in cui la valutazione deve essere effettuata e individuare i limiti e gli effetti ambientali da sottoporre a revisione per la valutazione.
- b) analisi del profilo di utilizzo delle risorse ed emissioni: inventario dei dati in ingresso e in uscita relativi alle diverse fasi del ciclo di vita del prodotto. Identificare e quantificare l'uso di energia, acqua, materiali e le emissioni nell'ambiente (ad esempio, le emissioni nell'aria, lo smaltimento dei rifiuti solidi, scarichi di acque reflue).
- c) la fase di valutazione dell'impatto del ciclo di vita: i risultati dell'inventario sono stati espressi utilizzando gli indicatori previsti dalle linee guida (UNI ISO 14025:2006). Valutare i potenziali effetti umani ed ecologici dall'utilizzo di energia, acqua, materiali e le emissioni ambientali individuati nell'analisi dell'inventario.
- d) la fase di interpretazione: i risultati sono riepilogati e discussi, in conformità con la definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione, come base per conclusioni, raccomandazioni e decisioni. Valutare i risultati delle analisi dell'inventario e della valutazione d'impatto ambientale per selezionare il prodotto, processo o servizio tenendo a mente le incertezze e le ipotesi utilizzate per generare i risultati stessi. Al momento di decidere tra due o più alternative, LCA può aiutare a confrontare tutti i principali impatti ambientali causati da prodotti, processi o servizi.

I processi presi in considerazione sono stati il trattamento plasma e la funzionalizzazione mediante processo foulard. Il software utilizzato è SimaPro 8 di Prè Consultants e il metodo applicato è ILCD Midpoint. ILCD è un metodo di caratterizzazione che fornisce indicatori per il confronto degli interventi ambientali a un livello di catena causa-effetto tra emissioni / (consumo di risorse) verso il livello di endpoint, modelli e fattori esistenti di valutazione dell'impatto ambientale.

L'unità funzionale di riferimento è la produzione di 1 kg di tessuto e pelle funzionalizzata. I flussi di materiale ed energia dall'approvvigionamento della materia prima fino alla realizzazione del prodotto finale sono riportati in Figura 1.

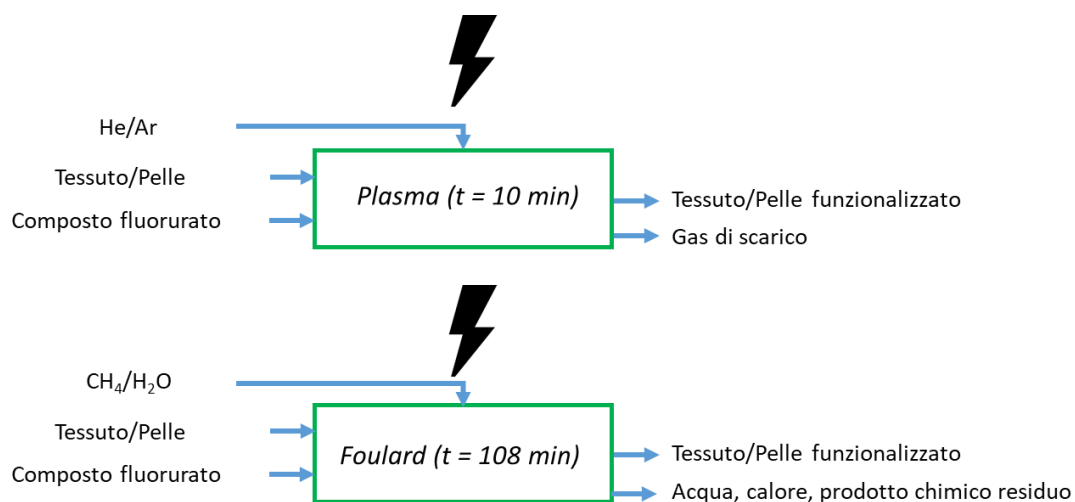


Figura 1 – Confini del sistema dell’analisi LCA.

In Tabella 1 sono riportati il dettaglio di utilizzo delle risorse riferite alla produzione dell’unità funzionale, così come riportato anche in Figura 1.

Tabella 1 – Dati di inventario per la funzionalizzazione mediante trattamento plasma e foulard.

Trattamento Plasma	
<i>Input</i>	
Tessuto (poliestere)/Pelle	940 g
Argon	0.0000134 kg
Composto fluorurato/nanoquarzo	0.197 kg
He	0.0000202 kg
Elettricità	0.00183 kWh
<i>Output</i>	
Ozono	799 mg
Trattamento Foulard	
<i>Input</i>	
Tessuto (poliestere)/Pelle	940 g
Acqua di processo	0.00069 m <sup>3</sup>
Composto fluorurato	0.0526 kg
Metano	0.846 m <sup>3</sup>
Elettricità	1.61 kWh
<i>Output</i>	
Composto fluorurato	0.00338 kg
Calore di processo	8.34 MJ
Acqua di processo	0.000626 m <sup>3</sup>

Per categoria di impatto si definisce la classe che rappresenta i problemi ambientali di interesse ai quali possono essere assegnati i risultati dell'analisi dell'inventario del ciclo di vita. Si definisce invece l’indicatore della categoria di impatto la rappresentazione quantificabile di una categoria di impatto. Nel presente studio si è scelto di considerare gli impatti ambientali del prodotto rispetto a tutte le categorie d’impatto indicate dalla metodologia.



Tabella 2 – Breve descrizione delle categorie di impatto considerate nello studio

Categorie di impatto		Indicatore	Descrizione
<b>Cambiamenti climatici (GWP 100)</b>		kg CO <sub>2</sub> eq	Capacità di un gas a effetto serra di influenzare i cambiamenti della temperatura media globale dell'aria a livello del suolo e alle successive variazioni di diversi parametri climatici e dei loro effetti (espresso in unità di CO <sub>2</sub> -equivalenti e in uno specifico arco temporale: 100 anni).
<b>Riduzione dello strato di ozono</b>		kg CFC-11 eq	Degradazione dell'ozono stratosferico dovuta alle emissioni di sostanze lesive dell'ozono, quali gas contenenti cloro e bromo di lunga durata (per esempio CFC, HCFC, halon).
<b>Tossicità per gli esseri umani - effetti cancerogeni</b>		CTUh (unità tossica comparativa per gli esseri umani)	Effetti negativi sulla salute degli esseri umani causati dall'assunzione di sostanze tossiche per inalazione di aria, ingestione di cibo/acqua, penetrazione cutanea, nella misura in cui si tratta di sostanze cancerogene.
<b>Tossicità per gli esseri umani - effetti non cancerogeni</b>		CTUh (unità tossica comparativa per gli esseri umani)	Effetti negativi sulla salute degli esseri umani causati dall'assunzione di sostanze tossiche per inalazione di aria, ingestione di cibo/acqua, penetrazione cutanea, nella misura in cui si tratta di sostanze non cancerogene non causate da particolato/smog provocato dalle emissioni di sostanze inorganiche o da radiazioni ionizzanti.
<b>Particolato/smog provocato dalle emissioni di sostanze inorganiche</b>		kg PM2.5 eq	Effetti avversi sulla salute umana causati dalle emissioni di particolato (PM) e dai suoi precursori (NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> , NH <sub>3</sub> ).
<b>Radiazione ionizzante – effetti sulla salute umana</b>		kg U235 eq	Effetti negativi sulla salute umana causati da emissioni radioattive.
<b>Formazione di ozono fotochimico</b>		kg NMVOC eq	Formazione di ozono al livello del suolo della troposfera causata da ossidazione fotochimica di composti organici volatili (VOC) e monossido di carbonio (CO) in presenza di ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> ) e luce solare. Alte concentrazioni di ozono troposferico a livello del suolo sono dannose per la vegetazione, le vie respiratorie dell'uomo e i materiali artificiali attraverso la reazione con materiali organici.
<b>Acidificazione</b>		mol H <sup>+</sup> eq	Ripercussioni delle sostanze acidificanti sull'ambiente. Le emissioni di NO <sub>x</sub> , NH <sub>3</sub> e SO <sub>x</sub> comportano il rilascio di ioni idrogeno quando i gas sono mineralizzati. I protoni favoriscono l'acidificazione dei suoli e delle

		acque, se rilasciati in superfici dove la capacità tampone è bassa, con conseguente deterioramento delle foreste e acidificazione dei laghi.
<b>Eutrofizzazione – terrestre</b>	mol N eq	I nutrienti (principalmente azoto e fosforo) di scarichi fognari e terreni agricoli fertilizzati accelerano la crescita di vegetazione. Il deterioramento di materiale organico consuma ossigeno provocando così carenza dello stesso.
<b>Eutrofizzazione – acquatica</b>	kg P eq	I nutrienti (principalmente azoto e fosforo) di scarichi fognari e terreni agricoli fertilizzati accelerano la crescita di alghe e altra vegetazione nelle acque. Il deterioramento di materiale organico consuma ossigeno provocando così carenza dello stesso e, in alcuni casi, moria ittica.
<b>Eutrofizzazione – marina</b>	kg N eq	I nutrienti (principalmente azoto e fosforo) di scarichi fognari e terreni agricoli fertilizzati accelerano la crescita di alghe e altra vegetazione nelle acque. Il deterioramento di materiale organico consuma ossigeno provocando così carenza dello stesso e, in alcuni casi, moria ittica.
<b>Ecotossicità - ambiente acquatico acqua dolce</b>	CTUe (unità tossica comparativa per gli ecosistemi)	Impatti tossici su un ecosistema, che danneggiano le singole specie e modificano la struttura e la funzione dell'ecosistema.
<b>Trasformazione del terreno</b>	kg C deficit	Utilizzo e trasformazione del territorio con attività quali agricoltura, costruzione di strade, case, miniere, ecc. L'occupazione del suolo considera gli effetti della destinazione del suolo, la superficie del territorio interessato e la durata della sua occupazione (variazioni della qualità moltiplicate per superficie e durata). La trasformazione del suolo considera l'entità delle variazioni delle proprietà del suolo e la superficie interessata (variazioni della qualità moltiplicate per la superficie).
<b>Impoverimento delle risorse – acqua</b>	m <sup>3</sup> water eq	Uso di m <sup>3</sup> di acqua connesso alla scarsità locale di acqua
<b>Impoverimento delle risorse – minerali, fossili</b>	kg Sb eq	kg di antimonio (Sb) equivalente

In Tabella 3 e Tabella 4 è riportato l'impatto ambientale relativo alla produzione di un tessuto e pelle funzionalizzati rispetto a tutte le categorie di impatto considerate, suddiviso per i differenti dati di inventario utilizzati per l'analisi.

*Tabella 3 – Risultati dell'analisi degli impatti ambientali per il processo del trattamento plasma (composto fluorurato)*

Categoria d'impatto	Unità	TOTALE	Argon	Composto fluorurato	Elio	Tessuto 100% poliestere	Elettricità
Climate change	kg CO <sub>2</sub> eq	7.13E+00	2.05E-05	2.94E+00	1.74E-04	4.19E+00	1.12E-03
Ozone depletion	Kg CFC-11 eq	6.76E-07	1.41E-12	2.89E-07	3.97E-11	3.87E-07	1.59E-10
Human toxicity, non-cancer effects	CTUh	1.04E-06	3.53E-12	9.77E-07	3.10E-11	6.19E-08	9.48E-11
Human toxicity, cancer effects	CTUh	1.53E-07	7.84E-13	1.49E-07	7.70E-12	4.29E-09	2.37E-11
Particulate matter	kg PM2.5 eq	4.25E-03	1.97E-08	3.20E-03	1.87E-07	1.05E-03	4.03E-07
Ionizing radiation HH	kBq U235 eq	1.26E+00	5.11E-06	7.91E-01	2.12E-05	4.67E-01	1.94E-04
Ionizing radiation E (interim)	CTUe	6.49E-06	1.18E-11	1.88E-06	5.50E-11	4.61E-06	4.07E-10
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	2.75E-02	6.00E-08	1.05E-02	8.32E-07	1.69E-02	2.56E-06
Acidification	molc H <sup>+</sup> eq	5.28E-02	1.60E-07	3.29E-02	2.86E-06	1.99E-02	5.72E-06
Terrestrial eutrophication	molc N eq	6.31E-02	2.08E-07	3.51E-02	1.62E-06	2.79E-02	8.34E-06
Freshwater eutrophication	kg P eq	1.49E-03	8.40E-09	1.46E-03	3.86E-08	2.92E-05	1.81E-07
Marine eutrophication	kg N eq	1.23E-02	5.53E-08	9.72E-03	2.75E-07	2.56E-03	7.80E-06
Freshwater ecotoxicity	CTUe	3.15E+01	1.21E-04	3.11E+01	9.60E-04	3.51E-01	4.83E-03
Land use	kg C deficit	3.67E+00	1.57E-05	3.67E+00	4.48E-04	0.00E+00	1.19E-03
Water resource depletion	m <sup>3</sup> water eq	-6.27E-03	9.73E-07	-6.77E-03	-3.65E-07	5.01E-04	3.71E-06
Mineral, fossil & ren resource depletion	kg Sb eq	1.66E-03	1.01E-10	1.65E-03	2.21E-09	6.55E-06	5.10E-09

*Tabella 4 – Risultati dell'analisi degli impatti ambientali per il processo del trattamento plasma (nanoquarzo)*

Categoria d'impatto	Unità	TOTALE	Argon	Nanoquarzo	Elio	Tessuto 100% poliestere	Elettricità
Climate change	kg CO <sub>2</sub> eq	4.21E+00	1.93E-05	2.37E-02	1.74E-04	4.19E+00	1.12E-03
Ozone depletion	Kg CFC-11 eq	3.89E-07	1.31E-12	1.46E-09	3.97E-11	3.87E-07	1.59E-10
Human toxicity, non-cancer effects	CTUh	6.50E-08	3.32E-12	2.96E-09	3.10E-11	6.19E-08	9.48E-11
Human toxicity, cancer effects	CTUh	5.44E-09	7.37E-13	1.12E-09	7.70E-12	4.29E-09	2.37E-11
Particulate matter	kg PM2.5 eq	1.05E-03	1.87E-08	4.21E-07	1.87E-07	1.05E-03	4.03E-07
Ionizing radiation HH	kBq U235 eq	4.88E-01	4.82E-06	2.10E-02	2.12E-05	4.67E-01	1.94E-04
Ionizing radiation E (interim)	CTUe	3.27E-05	1.11E-11	2.81E-05	5.50E-11	4.61E-06	4.07E-10

<b>Photochemical ozone formation</b>	kg NMVOC eq	1.70E-02	5.62E-08	5.73E-05	8.32E-07	1.69E-02	2.56E-06
<b>Acidification</b>	molc H <sup>+</sup> eq	1.99E-02	1.51E-07	3.07E-05	2.86E-06	1.99E-02	5.72E-06
<b>Terrestrial eutrophication</b>	molc N eq	2.81E-02	1.96E-07	1.76E-04	1.62E-06	2.79E-02	8.34E-06
<b>Freshwater eutrophication</b>	kg P eq	2.95E-05	7.94E-09	3.66E-08	3.86E-08	2.92E-05	1.81E-07
<b>Marine eutrophication</b>	kg N eq	2.58E-03	5.18E-08	1.71E-05	2.75E-07	2.56E-03	7.80E-06
<b>Freshwater ecotoxicity</b>	CTUe	7.87E-01	1.14E-04	4.30E-01	9.60E-04	3.51E-01	4.83E-03
<b>Land use</b>	kg C deficit	1.66E-03	1.46E-05	0.00E+00	4.48E-04	0.00E+00	1.19E-03
<b>Water resource depletion</b>	m <sup>3</sup> water eq	6.52E-04	9.46E-07	1.46E-04	-3.65E-07	5.01E-04	3.71E-06
<b>Mineral, fossil &amp; ren resource depletion</b>	kg Sb eq	6.57E-06	9.05E-11	6.17E-09	2.21E-09	6.55E-06	5.10E-09

*Tabella 5 – Risultati dell'analisi degli impatti ambientali per il processo del trattamento foulard.*

Categoria d'impatto	Unità	TOTALE	Composto fluorurato	Tessuto 100% poliestere	Metano	Elettricità
<b>Climate change</b>	kg CO <sub>2</sub> eq	6.75E+00	7.85E-01	4.19E+00	7.91E-01	9.84E-01
<b>Ozone depletion</b>	Kg CFC-11 eq	6.30E-07	7.71E-08	3.87E-07	2.61E-08	1.40E-07
<b>Human toxicity, non-cancer effects</b>	CTUh	5.80E-07	2.61E-07	6.19E-08	1.74E-07	8.34E-08
<b>Human toxicity, cancer effects</b>	CTUh	9.17E-08	3.98E-08	4.29E-09	2.68E-08	2.08E-08
<b>Particulate matter</b>	kg PM2.5 eq	2.67E-03	8.53E-04	1.05E-03	4.09E-04	3.55E-04
<b>Ionizing radiation HH</b>	kBq U235 eq	9.33E-01	2.11E-01	4.67E-01	8.41E-02	1.71E-01
<b>Ionizing radiation E (interim)</b>	CTUe	5.67E-06	5.02E-07	4.61E-06	2.01E-07	3.58E-07
<b>Photochemical ozone formation</b>	kg NMVOC eq	2.34E-02	2.81E-03	1.69E-02	1.38E-03	2.25E-03
<b>Acidification</b>	molc H <sup>+</sup> eq	3.74E-02	8.76E-03	1.99E-02	3.69E-03	5.03E-03
<b>Terrestrial eutrophication</b>	molc N eq	4.87E-02	9.37E-03	2.79E-02	4.05E-03	7.34E-03
<b>Freshwater eutrophication</b>	kg P eq	7.73E-04	3.89E-04	2.92E-05	1.96E-04	1.59E-04
<b>Marine eutrophication</b>	kg N eq	1.65E-02	2.59E-03	2.56E-03	4.53E-03	6.86E-03
<b>Freshwater ecotoxicity</b>	CTUe	1.90E+01	8.30E+00	3.51E-01	6.13E+00	4.25E+00
<b>Land use</b>	kg C deficit	2.59E+00	9.78E-01	0.00E+00	5.59E-01	1.05E+00
<b>Water resource depletion</b>	m <sup>3</sup> water eq	4.62E-04	-1.81E-03	5.01E-04	-1.61E-03	3.27E-03
<b>Mineral, fossil &amp; ren resource depletion</b>	kg Sb eq	4.91E-04	4.40E-04	6.55E-06	3.98E-05	4.49E-06

Di seguito si riportano i dati considerando il contributo relativo delle singole fasi della lavorazione di energia per ciascuna delle categorie di impatto analizzate.

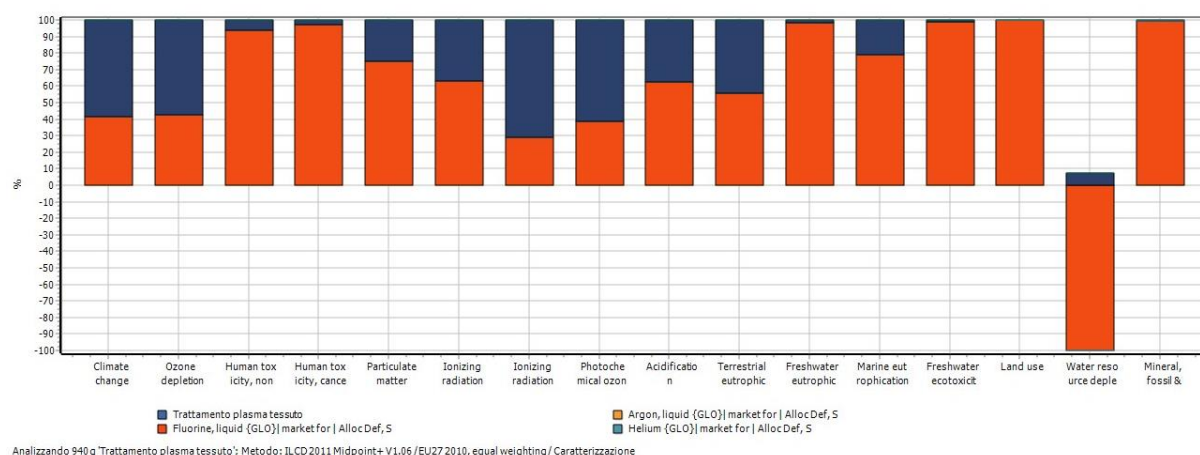


Figura 2 - Contributo relativo di ciascun dato di input per ciascuna categoria di impatto per il processo plasma (composto fluorurato).

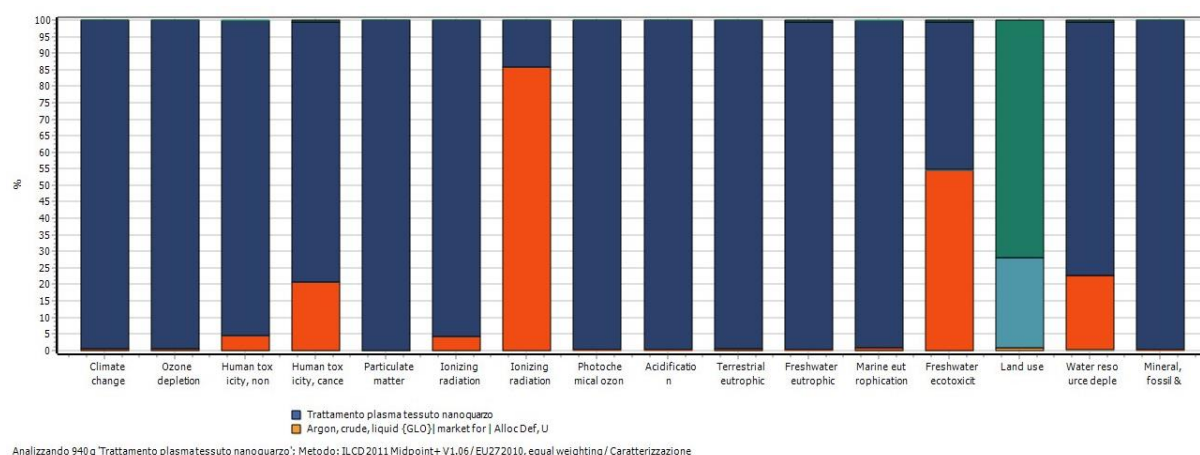


Figura 3 - Contributo relativo di ciascun dato di input per ciascuna categoria di impatto per il processo plasma (nanoquarzo).

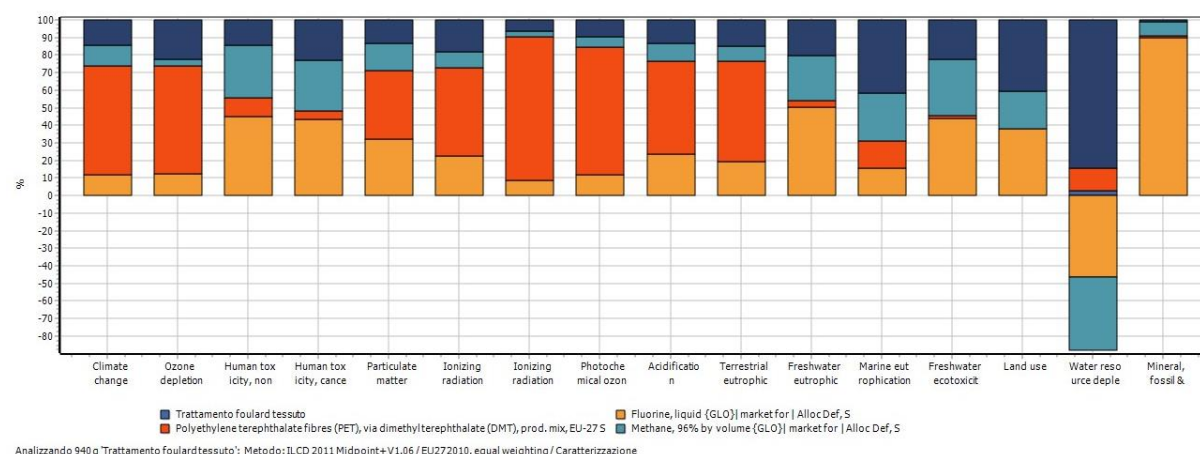


Figura 4 - Contributo relativo di ciascun dato di input per ciascuna categoria di impatto per il processo fouldard.

I grafici precedenti mostrano come i composti utilizzati per la funzionalizzazione ed i consumi di energia elettrica e metano influiscono fortemente sulle varie categorie d'impatto ambientale. Confrontando il trattamento plasma utilizzando nanoquarzo con gli altri processi, si evidenzia una notevole riduzione dei valori ambientali per quest'ultimo anche paragonata con il trattamento fouldard. Il trattamento fouldard genera infatti acque reflue contenenti residui del composto chimico utilizzato e calore residuo come sottoprodotti di processo.

*Tabella 6 – Risultati cumulativi degli impatti ambientali per i processi analizzati.*

Categorie d'Impatto	Unità	Trattamento plasma (composto fluorurato)	Trattamento plasma (nanoquarzo)	Trattamento fouldard
Climate change	kg CO2 eq	7.13E+00	4.21E+00	6.75E+00
Ozone depletion	kg CFC-11 eq	6.76E-07	3.89E-07	6.30E-07
Human toxicity, non-cancer effects	CTUh	1.04E-06	6.50E-08	5.80E-07
Human toxicity, cancer effects	CTUh	1.53E-07	5.44E-09	9.17E-08
Particulate matter	kg PM2.5 eq	4.25E-03	1.05E-03	2.67E-03
Ionizing radiation HH	kBq U235 eq	1.26E+00	4.88E-01	9.33E-01
Ionizing radiation E (interim)	CTUe	6.49E-06	3.27E-05	5.67E-06
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	2.75E-02	1.70E-02	2.34E-02
Acidification	molc H+ eq	5.28E-02	1.99E-02	3.74E-02
Terrestrial eutrophication	molc N eq	6.31E-02	2.81E-02	4.87E-02
Freshwater eutrophication	kg P eq	1.49E-03	2.95E-05	7.73E-04
Marine eutrophication	kg N eq	1.23E-02	2.58E-03	1.65E-02
Freshwater ecotoxicity	CTUe	3.15E+01	7.87E-01	1.90E+01
Land use	kg C deficit	3.67E+00	1.66E-03	2.59E+00
Water resource depletion	m3 water eq	-6.27E-03	6.52E-04	4.62E-04
Mineral, fossil & ren resource depletion	kg Sb eq	1.66E-03	6.57E-06	4.91E-04

I risultati della valutazione d'impatto ambientale possono essere comunicati anche in forma aggregata mediante "eco-points". L'Eco-indicator è una metodologia sviluppata dalla Pré (Product Ecology Consultants) per conto del Ministero dell'Ambiente olandese, e costituisce un potente strumento per i progettisti utile ad aggregare i risultati di una LCA in unità o numeri facilmente comprensibili ed utilizzabili, chiamati appunto Eco-indicatori.

Lo schema principale del metodo prende in considerazione tre tipi di danno ambientale:

- 1) Human Health (Salute Umana) – carcinogens, respiratory inorganics, respiratory organics, climate change, ozone layer, radiation;
- 2) Ecosystem Quality (Qualità dell'ecosistema) – ecotoxicity, acidification/eutrophication, land use;
- 3) Resources (Sfruttamento delle Risorse) – minerals, fossil fuels.

I risultati relativi alla produzione di tessuto e pelle funzionalizzati mediante plasma sono riportati in Tabella 4.

*Tabella 4 - Dettagli delle categorie di danno ambientale.*

Categoria di danno	Unità	Trattamento foulard tessuto	Trattamento plasma tessuto	Trattamento plasma tessuto nanoquarzo
<b>Human Health</b>	mPt	144	208	64.9
<b>Ecosystem Quality</b>	mPt	3.38	12.4	36
<b>Resources</b>	mPt	353	366	287
<b>Totale</b>	mPt	500	586	388

Come mostrato dalla precedente tabella, rispetto al "danno totale" l'incidenza maggiore è rispettivamente relativa alla categoria sfruttamento delle risorse, salute umana, qualità dell'ecosistema.

### 3 CONCLUSIONI

L'analisi LCA è stata utilizzata per identificare e quantificare i flussi di energia e materiali utilizzati nell'intero ciclo produttivo relativo al processo di funzionalizzazione del tessuto/pelle mediante trattamento plasma e foulard. L'analisi ha permesso di valutare i benefici/impatti ambientali e di prevenire eventuali problematiche ambientali correlate con i prodotti/processi utilizzati. In particolare si evidenzia come i processi siano fortemente influenzati dalla tipologia di composto chimico impiegato per conferire la funzionalizzazione. Per quanto riguarda il confronto tra trattamento plasma e foulard con il medesimo composto fluorurato, si evidenzia come il processo convenzionale foulard mostri una migliore performance ambientale per tutte le categorie analizzate per le emissioni di scarto



rilasciate in atmosfera (es. Ozono). E' comunque importante sottolineare come il processo plasma non presenta co-prodotti come acque di scarico contenenti il composto chimico residuale e calore tipici del trattamento foulard. Per quanto riguarda il consumo di elettricità, i processi plasma mostrano un notevole risparmio rispetto al processo tradizionale per kg di tessuto/pelle trattata. In generale, il trattamento plasma mediante nanoquarzo ( $\text{SiO}_2$ ) mostra le migliori performance ambientali in quanto assimilabile ad una « sabbia » di dimensioni nanometriche.

## 4 BIBLIOGRAFIA

I dati LCA sono stati calcolati considerando i dati presenti nel database ECOINVENT v3.

L'analisi è stata effettuata in accordo con la ISO 14040 "Principles and Framework (practice, application, limits)" e ISO 14044 "Requirements and Guidelines (preparation, management, critical review).