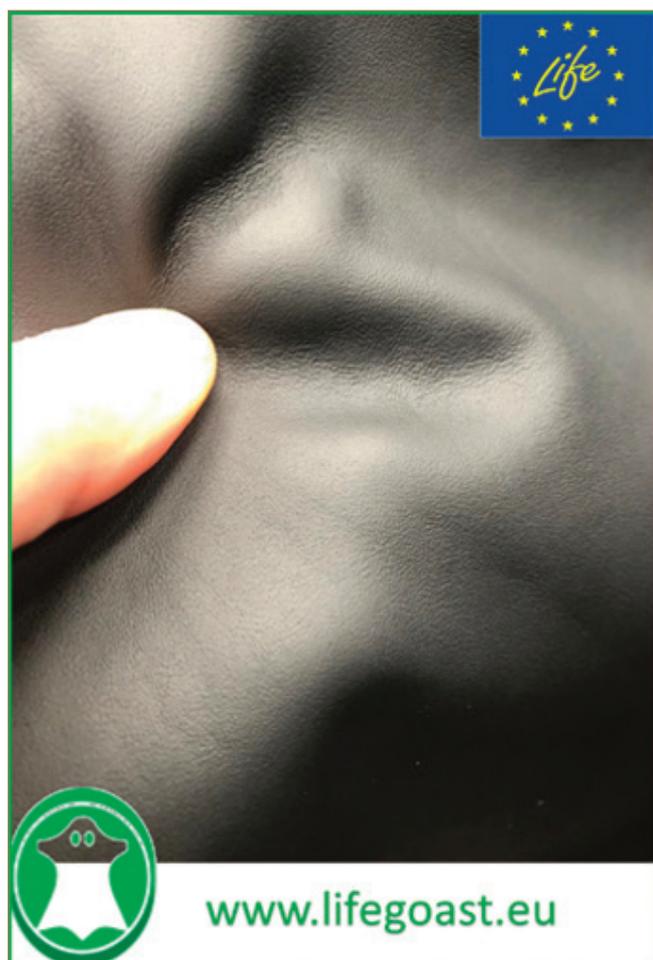




Sebastiano Tieuli^a, Michela Signoretto^a, Elena Ghedini^a, Anna Carlesso^b, Antonio Costantini^c, Claudio Bortolati^d, Riccardo Pasquale^d, Massimiliano Silvestri^e, Luca Frighetto^e
^aCATMAT Lab, Dipartimento di Scienze Molecolari e Nanosistemi, Università Ca' Foscari Venezia
^bDipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica, Università Ca' Foscari Venezia
^cDipartimento di Management, Università Ca' Foscari Venezia
^dGSC Group SpA, Montebello Vicentino (VI)
^ePasubio SpA, Arzignano (VI)
sebastiano.tieuli@unive.it; miky@unive.it

IL PROGETTO LIFE GOAST

LIFE GOAST (Green Organic Agents for Sustainable Tanneries) (LIFE16 ENV/IT/000416) appartiene al programma europeo LIFE che sostiene e promuove la ricerca e l'innovazione sui temi ambientali e di sostenibilità. Il progetto, iniziato a luglio 2017, ha come obiettivo dimostrare l'efficacia e i benefici, su scala industriale, di una nuova tecnologia per la concia delle pelli per la produzione di articoli per il settore automobilistico, arredamento e calzatura, ponendosi come alternativa più sostenibile al tradizionale processo di concia al cromo (TCTP, Traditional Chrome Tanning Process).



Pelle prodotta con la tecnologia GOAST (<http://www.lifegoast.eu/>)

Introduzione

Il processo di concia è il trattamento a cui viene sottoposta la pelle grezza al fine di convertirla in un materiale stabile, lavorabile e conservabile, ovvero il cuoio. Durante la fase di concia, l'agente conciante, come sali basici di cromo, alluminio, tannini vegetali o aldeidi ecc., promuove la reticolazione delle fibre di collagene, costituenti la pelle grezza, andando a migliorare le proprietà del materiale in termini di: resistenza agli attacchi enzimatici, resistenza all'acqua e resistenza agli stress termo-meccanici. La concia della pelle è una delle più vecchie tecnologie scoperte dall'uomo. Circa 160 mila anni fa, l'utilizzo della pelle e della pelliccia ha permesso all'uomo di Neanderthal di sopravvivere in condizioni climatiche particolarmente avverse [1]. Successivamente, nel 3000 a.C., gli Egizi utilizzarono sali di alluminio per conciare le pelli, come testimoniano alcuni reperti ritrovati [2]. La trasformazione radicale della produzione conciaria avvenne, tuttavia, con la scoperta, nel 1858, da parte di Knapp, il quale osservò le proprietà concianti del cromo. Questo metodo, che si diffonderà su scala industriale solo trent'anni dopo, ha rivoluzionato l'industria conciaria grazie all'alta qualità e versatilità del cuoio prodotto [3]. Oggigiorno, la produzione di cuoio a livello globale supera le 6,5 milioni di tonnellate annue con un volume di affari di circa 220 miliardi di dollari



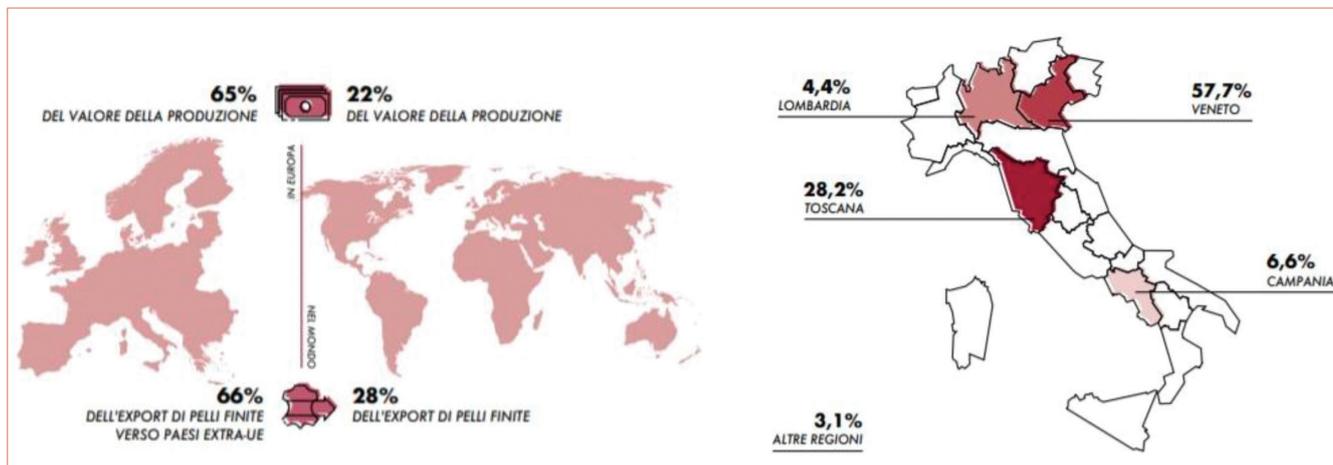
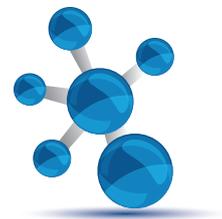


Fig. 1 - I primati internazionali dell'industria conciaria italiana nel 2018 e quote sulla produzione nazionale [6]

[4, 5]. In questo scenario, l'Europa rappresenta il più grande fornitore di cuoio a livello mondiale e, tra gli Stati membri, l'Italia detiene la leadership, coprendo il 65% del fatturato, mentre a livello globale rappresenta il 22% [6]. L'industria conciaria italiana, coniugando tecnologie innovative con il carattere artigianale delle proprie produzioni, costituisce un'eccellenza del *made in Italy* nel mondo. Questa industria italiana, infatti, conta circa 1.200 aziende, in prevalenza piccole e medie imprese, concentrate nei cosiddetti distretti produttivi (Fig. 1). Il principale distretto, in termini di fatturato e forza lavoro, è ad Arzignano in provincia di Vicenza, segue il distretto toscano, localizzato nella zona di Santa Croce sull'Arno e Ponte a Ego-la (PI), e infine il distretto campano e il distretto lombardo.

La pelle grezza usata per la produzione di cuoio deriva dall'industria alimentare della carne. L'industria conciaria, utilizzando quindi un sottoprodotto come materia prima, può considerarsi un precursore dell'economia circolare. Ogni anno, nel mondo, l'industria conciaria nel suo complesso recupera in totale circa 1.700 km² di pelle grezza che trasforma in un prodotto a più alto valore aggiunto [7].

Sebbene l'industria conciaria utilizzi come materia prima un sottoprodotto, comporta, allo stesso tempo, l'uso di ingenti quantità di risorse e prodotti chimici per la conversione di tale materia prima nel prodotto finito. La lavorazione della pelle richiede infatti un consumo idrico elevatissimo, oltre alla

combinazione di diversi processi fisico-meccanici e chimici. La Tab. 1 riassume i prodotti chimici e il quantitativo di acqua necessario per la produzione di circa 1000 m² di tomaia in cuoio conciata al cromo [8]. Di conseguenza, sia tali elementi, che i reflui generati dalle concerie, possono causare, se non utilizzati o trattati correttamente, significativi problemi sia di tipo ambientale che di sicurezza

Sostanze	Quantità (kg)
Acqua	215.000
Sali inorganici (NaCl)	570
Acidi organici e inorganici	30
Solfuro di sodio	175
Idrossido di sodio	285
Enzimi	20
Battericidi	20
Tensioattivi	20
Cromo (Cr ₂ O ₃)	700 (175)
Tannini vegetali	50
Tannini sintetici	50
Polimeri	50
Resine	10
Ingrassanti	150
Coloranti	35
Leganti polimerici (finishing)	30

Tab. 1 - Domanda approssimativa di acqua e prodotti chimici per produrre 1000 m² di pelle conciata al cromo [8]



Fig. 2 - Pelle conciata con tecnologia LIFE GOAST

e tutela del lavoratore. In aggiunta tale pressione ambientale risulta ancor più accentuata tenendo in considerazione la conformazione dei distretti produttivi, che determina la concentrazione delle industrie in zone delimitate.

Per questi motivi, il settore conciario è classificato dalla direttiva europea 2010/75 come uno dei settori a maggiore impatto in termini di sfruttamento idrico, energia e rifiuti prodotti.

Oggigiorno si valuta che oltre l'85% della produzione mondiale di pelle è conciata al cromo e solo una parte minore è prodotta con processi alternativi. L'attuale uso del cromo, se non adoperato e trattato in maniera corretta, può portare ad alcune problematiche di carattere ambientale.

Da qui nasce l'esigenza, su tutta la filiera produttiva dal produttore al cliente, di strategie innovative per la concia delle pelli che abbiano come comune denominatore *la sostenibilità*, con l'obiettivo finale della riduzione dell'impatto sulla salute e sull'ambiente dell'intero processo.

Lo scopo del progetto LIFE GOAST è dunque l'implementazione su scala industriale di una nuova tecnologia per la concia delle pelli che sia più *environmental friendly* rispetto alla tradizionale concia al cromo (TCTP).

Gli obiettivi specifici del progetto sono i seguenti:

- 1) produrre articoli in pelle di alta qualità per il settore automobilistico, arredamento e calzatura, privi di cromo su scala industriale;
- 2) migliorare la qualità dei reflui di scarico da conceria mediante la riduzione totale di sali di cromo, acidi/ basi, cloruro di sodio nelle fasi di concia e riconcia;
- 3) dimostrare un minore impatto ambientale della tecnologia LIFE GOAST in termini di riduzione di sostanze pericolose, rischi ambientali (umani ed ecologici) e consumo di risorse primarie (acqua);
- 4) eliminazione/riduzione di fanghi contenenti cromo.

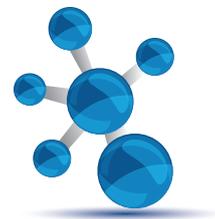
L'obiettivo finale è quello di dimostrare la riduzione dell'impatto ambientale del nuovo processo, con il fine ultimo di ottenere un prodotto in pelle di qualità comparabile e/o migliore e senza problemi nello smaltimento dei rifiuti. Il progetto prevede la collaborazione di esperti nel settore conciario, quali GSC come fornitore di ausiliari chimici, Conceria Pasubio, come azienda esperta nella lavorazione, e Medio Chiampo, come ente preposto al trattamento acque, con il supporto scientifico, tecnico e ambientale dell'Università Ca' Foscari di Venezia.

La fattibilità tecnica dell'implementazione LIFE GOAST e il suo impatto sociale ed economico verranno monitorati attraverso la metodologia *Life Cycle Assessment (LCA)* e *Life Cycle Costing (LCC)* con un approccio "gate to gate", che mirerà a dimostrare la sostenibilità della catena di produzione, dall'arrivo della pelle grezza in conceria alla sua lavorazione fino alla fase di pelli semilavorate (*crust*). In aggiunta, in accordo con direttive EU, per cui il trattamento dei rifiuti è fondamentale per garantire un basso livello di rischio e un'alta tutela dell'ambiente, il progetto LIFE GOAST propone, come ulteriore obiettivo, la valorizzazione di uno scarto solido (polvere di rasatura) proveniente da una delle fasi del processo.

Risultati e discussione

Produzione degli agenti concianti

La tecnologia GOAST si basa sulla combinazione di polimeri acrilici funzionalizzati e tannini sintetici. Gli agenti concianti usati appartengono alla



categoria dei polimeri acrilici che possono essere ottenuti mediante la polimerizzazione di monomeri acrilici propriamente funzionalizzati. La funzionalizzazione di queste specie è fondamentale per permettere di incrementare l'interazione della specie polimerica con il collagene mediante legami covalenti, ottenendo così una pelle con notevoli proprietà fisico-chimiche. Per la produzione di questi polimeri è stato elaborato un appropriato protocollo sintetico a livello di laboratorio che ha permesso di ottenere risultati consistenti nell'ambito delle prove effettuate. Lo *scale-up* di tale protocollo, ancora in corso di implementazione, ha permesso di ottenere risultati alquanto soddisfacenti. La tecnologia è attualmente in fase di esame brevettuale (*patent pending*).

Produzione e caratterizzazione degli articoli in pelle

La procedura LIFE GOAST consiste in una serie di azioni meccaniche e chimiche eseguite sulle pelli semi-lavorate come da processo standardizzato su bovini per la concia al cromo. L'azione meccanica consiste nella rotazione del bottale e nel riscaldamento dello stesso, mentre le azioni chimiche consistono nell'aggiunta dell'agente conciante, di vari ausiliari e nella regolazione del pH mediante aggiunta di basi (bicarbonato di sodio) o acidi deboli (acido formico).

Dopo la fase di concia, l'eccesso di acqua è eliminato mediante pressatura e asciugatura e le pelli sono rasate in modo da uniformare lo spessore. Dopo essere state rasate, le pelli vengono riconciate con una procedura appositamente sviluppata. È importante sottolineare che lo scarto di rasatura costituisce un importante sottoprodotto del processo di concia e, di conseguenza, della tecnologia LIFE GOAST. Infatti lo spessore finale della pelle ha un sostanziale im-

patto sul *carbon footprint* del processo conciario [9]. Come sarà approfondito nel paragrafo successivo, il progetto GOAST si pone tra gli obiettivi anche la valorizzazione di tale scarto.

Le pelli ottenute con tale procedura sono state sottoposte a numerose caratterizzazioni, le cui specifiche sono riportate in Tab. 2, che si concentrano sull'utilizzo del cuoio per la produzione di interni auto.

La pelle conciata ottenuta con la strategia GOAST risulta di colore bianco-giallastro con una temperatura di restringimento tra 70 e 75 °C. È importante sottolineare che le pelli lavorate sono state facilmente rasate con uno spessore da 1,0 a 1,2 mm, ideale per la successiva fase di riconcia.

I risultati ottenuti dalle caratterizzazioni hanno permesso di evidenziare come la pelle LIFE GOAST possieda le caratteristiche adatte per il settore automobilistico.

Valorizzazione dello scarto di rasatura LIFE GOAST

La rasatura della pelle è un processo meccanico il cui obiettivo è ridurre lo spessore della pelle

Test	Metodo	Richiesto	Trovato
Spessore	ISO 2589	1,2-1,5	1,36 mm
Resistenza alla lacerazione	ISO 3376	≥130 N	L=178,30 T=194,50
Allungamento fino a rottura (%)	ISO 3376	30-70%	L=55,20 T=38,80
Morbidezza (ST 300)	ISO 17235	3,5-4,5 mm	3,6 mm
Allungamento a un carico specifico (100 N)	ISO 3376	8-25%	L=31,45 T=23,97
Resistenza allo strappo	ISO 3377-1	≥25 N	L=26,00 T=27,00
Opacità gravimetrica	ISO 17071	≤3,00 mg	2,01 mg
Opacità riflettometrica	SAE J1756	≥70%	68,25
Resistenza al calore	(48±1 h; 80±2 °C)	≥4 GS	OK
Idrolisi	(48h; 55 °C; 95% umidità)	≥4 GS	OK
Restringimento	-	(≤6%)	4,94%
Formaldeide	-	(max 5 ppm):	2,4 ppm
Contaminanti volatili (VDA 277)	-	< 100 ppm	74 ppm

Tab. 2 - Riassunto dei test fisico-chimici sulla pelle LIFE GOAST

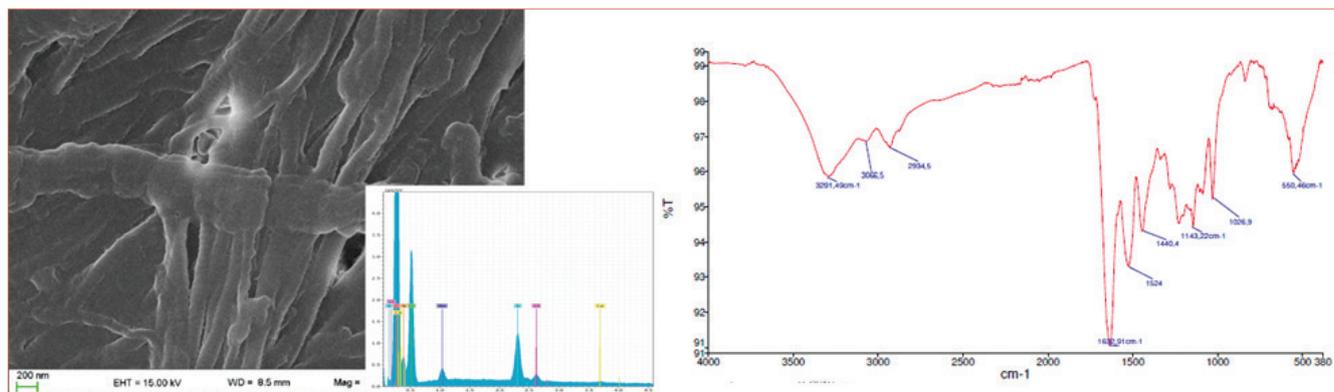


Fig. 3 - A sinistra un'immagine SEM-EDX del campione T69-GSW; a destra lo spettro FTIR-ATR del campione T69-GSW

Campione	pH	Umidità residua %	C%	H%	N%	S%	O%	Ash%
T69-GSW	3,85	25,7	44,71	6,33	11,52	2,52	34,66	0,26

Tab. 3 - Risultati del contenuto di ceneri, pH, umidità residua e analisi elementare CHNS, dello scarto di rasatura LIFE GOAST

conciata a uno spessore specifico prima della riconcia e della finitura. La polvere di rasatura corrisponde a circa il 25% in peso della pelle conciata, dando così una quantità significativa di materiale organico da smaltire.

Pertanto, a causa dell'elevato impatto ambientale, negli ultimi decenni sono stati compiuti molti sforzi per il trattamento dei rifiuti solidi provenienti dall'industria conciaria [10]. In virtù di queste considerazioni, il progetto LIFE GOAST ha come obiettivo la caratterizzazione e la riqualificazione di tale scarto solido. In particolare, l'attenzione è focalizzata alla produzione di *biochar* attraverso l'approccio della pirolisi e la sua applicazione come ammendante per terreni. Il *biochar* rappresenta la frazione solida che si ottiene dalla carbonizzazione di biomasse in assenza di ossigeno e possiede proprietà di interesse agronomico come alta area superficiale, capacità di scambio ionico e opportuno pH ($\text{pH} \geq 7$) [11]. In aggiunta, il *biochar* è considerato uno strumento per la mitigazione dei cambiamenti climatici [12].

Bisogna sottolineare che durante il processo di pirolisi il materiale subisce la scissione dei legami chimici, attuando quella che viene definita omolisi termicamente indotta, che porta alla formazione di molecole più semplici. Parte di questi prodotti di decomposizione può essere recuperata mediante

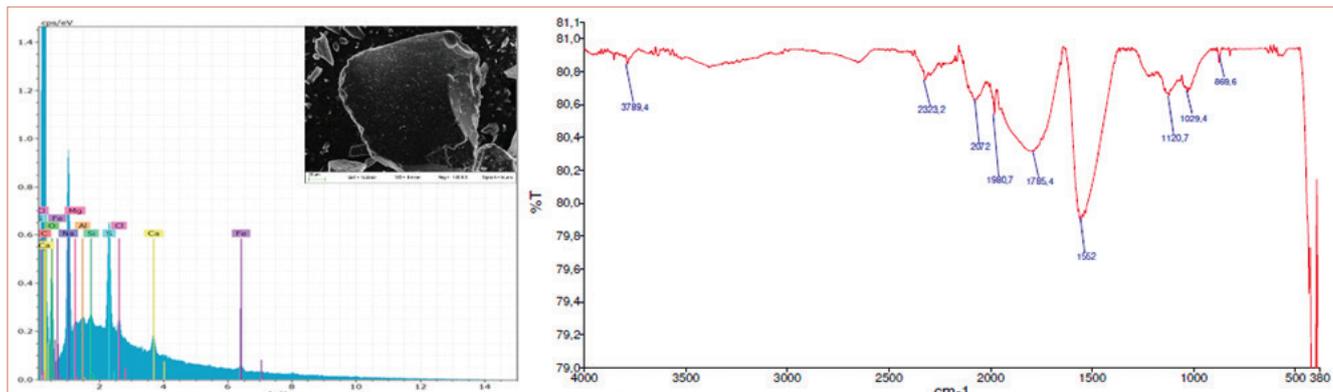
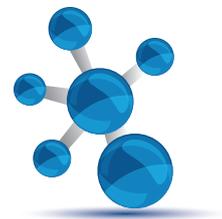
condensazione (frazione condensabile) sotto forma di bio-oil. Il progetto LIFE GOAST si propone, inoltre, la caratterizzazione e il riutilizzo di questa frazione per la produzione di agenti ingrassanti da reimpiegare all'interno del processo conciario.

La polvere di rasatura è stata pertanto parzialmente caratterizzata mediante diverse tecniche, come SEM-EDX, FTIR-ATR, analisi elementare (CHNS), determinazione del pH, contenuto di umidità e contenuto di ceneri. I risultati sono riportati in Fig. 3 e Tab. 3.

Le immagini SEM hanno permesso di evidenziare la consistenza fibrosa del materiale conciato, e in accordo con le analisi FTIR-ATR, è possibile confermare che, dopo il processo di concia, la struttura del collagene della pelle è stata mantenuta. Dalla Fig. 3 è possibile osservare la struttura proteica dal segnale a 1632 cm^{-1} attribuibile al gruppo carbonile ($\text{C}=\text{O}$) in forma amidica e a $1540\text{-}1524 \text{ cm}^{-1}$ attribuibile al bending dei gruppi di N-H. L'analisi EXD ha confermato l'assenza di metalli nocivi nella sua struttura.

Per quanto riguarda la pirolisi della polvere di rasatura LIFE GOAST, sono stati studiati diversi parametri di reazione con l'obiettivo di massimizzare la resa in *biochar* e *bio-oil*. Nelle condizioni operative scelte ($600 \text{ }^\circ\text{C}$, 100 mL/min N_2 , 30 min , $5 \text{ }^\circ\text{C/min}$) si è avuta una resa in *biochar* del $30,1 \pm 1,4\%$, *bio-oil* del $36,1 \pm 2,6\%$, gas e prodotti volatili del $33,7 \pm 2,6\%$. Il *biochar* ottenuto è stato sottoposto ad un successivo trattamento di attivazione in atmosfera mista N_2/vapore .

Il *biochar* è stato poi parzialmente caratterizzato mediante diverse tecniche: SEM-EDX, FTIR-ATR,



Tab. 4 - Risultati del contenuto di ceneri, pH, umidità residua e analisi elementare CHNS, del Biochar-T69

Campione	pH	Umidità residua %	C%	H%	N%	S%	O%	Ash%
Biochar-T69	7,35	6,29	77,80	1,87	4,03	0,56	14,25	1,49

Tab. 3 - Risultati del contenuto di ceneri, pH, umidità residua e analisi elementare CHNS, dello scarto di rasatura LIFE GOAST

analisi elementare (CHNS), determinazione del pH, contenuto di umidità e contenuto di ceneri. I risultati ottenuti sono riportati in Tab. 4 e Fig. 4. L'analisi SEM-EDX non mostra la presenza di metalli, come Cr, Cd, As, B, Ni e Cu, e testimonia la presenza di C, O e N come elementi costituenti principali. Si osserva, inoltre, la presenza di elementi come Mg, Ca, Fe, Na e Si che svolgono un ruolo di nutrienti per l'applicazione nel suolo. L'analisi FTIR-ATR testimonia la completa decomposizione della matrice di partenza e la conseguente formazione della struttura poliaromatica del carbone. Il pH neutro e il basso contenuto di ceneri rendono il *biochar* ottenuto adatto per l'applicazione richiesta.

L'analisi di fisisorbimento di N₂, per la determinazione dell'area superficiale e della distribuzione dei pori, ha evidenziato che il *biochar* possiede un'elevata area superficiale (630 m²/g) ed è possibile notare dall'isoterma di assorbimento un marcato e rapido incremento del volume di gas assorbito a basse pressioni relative (Fig. 5). Questa evidenza è indicativa della presenza di una consistente frazione di micropori accanto ad una certa mesoporosità, come confermato dal *loop* d'isteresi presente a pressioni relative superiori a 0,4. Seppure ulteriori analisi siano in corso di svolgimento, i risultati preliminari ottenuti sono promet-

tenti per l'applicazione del *biochar* come ammendante per il suolo.

Analisi LCA, LCC e impatto socio-economico

La valutazione LCA è uno strumento per quantificare in maniera oggettiva le prestazioni ambientali di un prodotto e/o servizio lungo l'intero ciclo di vita, a partire da estrazione e produzione di materie prime fino allo smaltimento finale dei prodotti, compreso eventuale riciclaggio dei materiali [13]. La ricerca si propone di confrontare l'impatto ambientale dell'intero ciclo di vita della pelle conciata con il nuovo agente conciante LIFE GOAST, rispetto all'impatto ambientale dell'intero ciclo di vita del processo TCTP; inoltre, mira a dimostrare

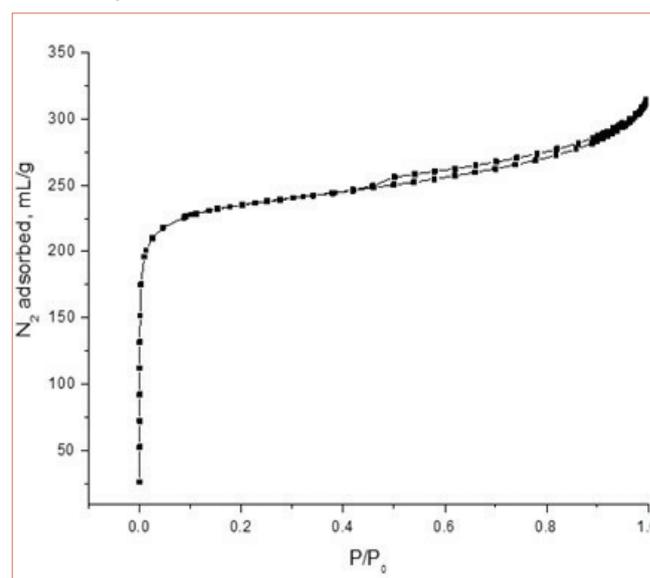


Fig. 5 - Isotherma di assorbimento/desorbimento del campione biochar-T69

LifeGOAST Università Ca' Foscari Venezia

LIFE16 ENV/IT/000416 Logout

Manufacturing resources

Tanned hides produced yearly

Unit: Amount:

MATERIALS

Name	Amount	Unit	Data source	Cost (€)	Cost Data source	Delete
Water	<input type="text"/>	m³	Data source	€	Cost data source	<input type="radio"/>
Electricity	<input type="text"/>	kWh	Data source	€	Cost data source	<input type="radio"/>
Heating	<input type="text"/>	m³	Data source	€	Cost data source	<input type="radio"/>
Direct labor	<input type="text"/>	h	Data source	€	Cost data source	<input type="radio"/>

← Previous Save and stay Control Save and go ahead →

Meaning of requested data

Name: Name of the raw material
Amount: Amount of raw material used to produce the selected quantity of final product
Unit: Unit of measure for the amount of raw material
Data source: The typology of data source for the amount of raw material among: Measured, from database, from expert judgment
Cost (€): Cost for the amount of raw material utilized during the process
Cost Data source: The typology of data source for the cost of raw material among: Measured, from database, from expert judgment

Fig. 6 - Interfaccia produzione di risorse materiali

che la rimozione del cromo dalla catena conciaria consente di ridurre l'impatto ambientale del processo di concia senza compromettere la qualità della pelle.

Parallelamente, l'analisi LCC è una metodologia di valutazione economica che consente di identificare tutti i costi associati al ciclo di vita di un prodotto e/o servizio e di determinare il costo lungo l'intero ciclo di vita. Dunque, complementare a LCA, l'analisi LCC punta a valutare la sostenibilità economica della tecnologia GOAST, confrontandola con la tradizionale concia al cromo, sulla base di una logica differenziale.

Il processo di raccolta dei dati richiede il contributo di tutte le parti coinvolte nelle varie fasi di lavorazione della pelle. Sono stati pertanto elaborati

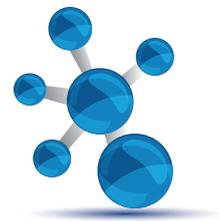
questionari adeguati alle analisi LCA e LCC ed è stata sviluppata una piattaforma online per la loro compilazione.

Il primo passo per lo sviluppo del questionario è stato la definizione dell'unità funzionale (1 tonnellata di pelle semilavorata) e delle relative fasi del processo. Per ciascuna di esse sono stati descritti materiali/ausiliari, bilanci energetici (input e output), costi energetici, costi fissi e variabili. In Fig. 6 si riporta un esempio dell'interfaccia relativa alla produzione delle risorse materiali.

Al fine di valutare la sostenibilità economica e gli impatti socio-economici sulla comunità derivanti dall'uso della tecnologia GOAST, è stata effettuata anche un'analisi di tipo socio-economico. Questo tipo di analisi permette di evidenziare l'effetto socia-

le/economico che ogni intervento produce sulla comunità o sulle altre entità specifiche che ne beneficiano. L'analisi ha previsto, nello specifico, l'indagine sulle due diverse parti interessate, aziende e lavoratori. In particolare, l'analisi socio-economica, all'interno del progetto LIFE GOAST, si pone quattro obiettivi principali di seguito riportati:

- 1) mappare lo stato dell'arte in termini di competitività, benessere dei dipendenti, salute e sicurezza nelle concerie del distretto di Arzignano;
- 2) studiare il potenziale aumento della competitività dovuto alla sperimentazione GOAST;
- 3) investigare i potenziali benefici della sperimentazione GOAST in termini di crescita dell'occupazione;
- 4) esplorare i potenziali benefici della sperimenta-



zione GOAST in termini di benessere, salute e sicurezza dei lavoratori.

La raccolta e la rielaborazione dei dati per l'analisi LCA, LCC e impatto socio-economico sono in corso di svolgimento e saranno concluse al termine del progetto.

Conclusioni

La tecnologia LIFE GOAST si è dimostrata potenzialmente una valida alternativa al processo TCTP, la cui ottimizzazione può sicuramente portare ad un processo di concia con minore impatto ambientale. È importante sottolineare come, nonostante la diversa natura chimica dell'agente conciante, la tecnologia LIFE GOAST può essere applicata seguendo come base di partenza la procedura standard del processo TCTP, sostituendo i sali di cromo e adattandola alla nuova molecola. In aggiunta, gli agenti ingrassanti e quelli riconcianti utilizzati sono gli stessi del processo TCTP, sottolineando la versatilità della nuova tecnologia. La pelle prodotta con la tecnologia LIFE GOAST ha mostrato caratteristiche adatte per l'applicazione nel settore automobilistico, che richiede standard di *performance* molto elevati, se paragonati ad altri settori come abbigliamento o arredamento. Pertanto, questo aspetto rende la pelle ottenuta adatta anche per tali settori. I lavori futuri saranno finalizzati all'applicazione della tecnologia per la produzione di una vasta gamma di prodotti in pelle.

Non prevedendo l'uso di cromo e altri metalli nel processo di concia, la tecnologia LIFE GOAST ha un impatto ambientale potenzialmente minore, soprattutto per quanto riguarda il trattamento dei reflui e relativo smaltimento dei fanghi di depurazione, ma anche per il trattamento dei rifiuti solidi. In questo contesto, il trattamento termico di pirolisi della polvere di rasatura LIFE GOAST è risultato particolarmente vantaggioso in quanto non necessita di *pre e/o post* trattamento della biomassa per l'eliminazione del cromo. La pirolisi ha portato all'ottenimento di un *biochar* privo di metalli pericolosi e con caratteristiche promettenti per la sua applicazione come ammendante per il suolo.

BIBLIOGRAFIA

- [1] E. Delson, K. Harvati, *Nature*, 2006, **443**, 762.
- [2] R. Manfred, W. Eckhard *et al.*, *J. of Supercritical Fluids*, 2012, **66**, 291.
- [3] V.J. Sundar, J. Raghava Rao, C. Muralidharan, *J. Clean. Prod.*, 2002, **10**, 69.
- [4] B.F. Giannetti, F. Agostinho *et al.*, *Environ. Impact Assess. Rev.*, 2015, **54**, 22.
- [5] Statista, www.statista.com/statistics/861562/leather-goods-market-value-worldwide
- [6] UNIC concerie italiane, Rapporto di sostenibilità 2019.
- [7] UNIC concerie italiane, Rapporto di sostenibilità 2017.
- [8] J. Buljan, G. Reich, *J. Leder und Häutemarkt*, 1998, **4**(30), 5.
- [9] K.W. Chen, L.C. Lin, W.S. Lee, *Energy Procedia*, 2014, **61**, 1063.
- [10] H. Jiang, J. Liu, W. Han, *Waste Manag. Res.*, 2016, **34**, 399.
- [11] Y. Ding, Y. Liu *et al.*, *Agron. Sustain. Dev.*, 2016, **36**, 36.
- [12] P. Brassard, S. Godbout, V. Raghavan, *J. Environ. Manage.*, 2016, **181**, 484.
- [13] O. Jolliet, M. Saadé-Sbeih *et al.*, Environmental Life Cycle Assessment, Boca Raton, FL, USA, CRC Press, 2016.

LIFE GOAST Project - Green Organic Agents for Sustainable Tanneries

LIFE GOAST (Green Organic Agents for Sustainable Tanneries) (LIFE16 ENV/IT/000416) belongs to European LIFE programme which supports and promotes the research and innovation on environmental and sustainability topics. The project started on July 2017 and is an ongoing investigation. It aims at demonstrating the benefits of a new tanning technology on an industrial scale for producing automotive, furniture and footwear leather goods, putting itself as a more sustainable alternative to Traditional Chrome Tanning Process (TCTP) (<http://www.lifegoast.eu/>).

