Il corretto smaltimento dei dispositivi di protezione individuali-DPI

Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità, il solo personale medico ogni mese, in tutto il mondo, avrebbe bisogno circa di 89 milioni di mascherine, 30 milioni di camici e 76 milioni di guanti da visita per proteggere sé stesso e gli altri dal Covid-19 .
L'aumento dei rifiuti dovuti all'uso diffuso dei dispositivi di protezione individuale (DPI) monouso ha comportato un impatto notevole sull'ambiente. L'emergenza Covid ha fatto moltiplicare la produzione e il relativo massivo utilizzo dei DPI che essendo materiale monouso ha gravato sulla sostenibilità ambientale, necessitando di un corretto smaltimento attraverso un percorso determinato, per eliminare ogni pericolo di contagio. Infatti, anche se non più utilizzati, i dispositivi possono trasportare il virus e per questo vengono considerati alla stessa stregua dei rifiuti pericolosi. Pertanto, ci si trova di fronte ad una doppia criticità sia per il nostro ecosistema sia per la nostra salute.

Il ***progetto ECOdesign e riciclo di DPI in una filiera industriale circolare*** *(EcoDPI),* ***coordinato dalla Rete innovativa regionale Veneto Green Cluster****, ha una durata di 28 mesi (09/09/2020–30/12/2022) ed è* **finanziato dalla Regione del Veneto***, che ha stanziato un importo totale di 2.029.972,00 euro. Il progetto è articolato in pacchetti di lavoro e per ognuno partecipa un gruppo composto da imprese e da organismi di ricerca (OdR), che vantano specifiche competenze per il raggiungimento dei risultati attesi. Il progetto vede coinvolte altre RIR, oltre Veneto Green Cluster, e cioè Venetian Smart Lighting e Ribes.*
Nel primo articolo che pubblichiamo, **Enrico Cancino***, Ceo di* **Green Tech Italy,** *azienda che rappresenta giuridicamente Veneto Green Cluster ed è capofila del progetto, presenta una descrizione dettagliata di EcoDPI per poi individuare i focus di maggiore interesse scientifico e di attualità.*
L'obiettivo generale del progetto EcoDPI è la valorizzazione dei rifiuti provenienti dall'uso di dispositivi di protezione individuali e viene perseguito studiando le fasi chiave di una potenziale filiera circolare per la produzione di tali dispositivi (acquisizione della materia prima e pre-processi, produzio-

ne, utilizzo, fine vita). Il Progetto metterà in chiaro le criticità e le specifiche opportunità rispetto allo stato dell'arte delle conoscenze e delle tecnologie industriali realmente applicabili, con l'obiettivo finale di indicare determinati ambiti ove è conveniente un investimento industriale nel breve, medio e lungo termine.

Per un focus più approfondito sulla sterilizzazione, nel secondo intervento **Domenico Stocchi** *e* **Alessandra Bellucci** *del centro di ricerca* ***Il Sentiero International Campus*** *illustrano il loro campo di ricerca. Il* **SIC** *è coinvolto nel progetto sia come leader nello studio delle possibilità di sterilizzazione dei dispositivi per consentire il riutilizzo e soprattutto lo smaltimento dei DPI, con particolare attenzione alla riduzione del rischio di diffusione del virus associato al trasporto, sia nell'ambito dei trattamenti superficiali dei DPI per migliorare le prestazioni dei dispositivi. Infatti* ***Il Sentiero*** *sta sviluppando rivestimenti con proprietà antimicrobiche/antivirali, cercando un confronto con l'efficacia dei materiali tradizionali per resistenza a batteri, muffe, virus, idrorepellenza, permeabilità ai gas (CO_2, O_2), lavabilità, durata del trattamento.*

Importante sottolineare che l'aspetto innovativo del progetto EcoDPI è la considerazione dell'intero ciclo di vita di un dispositivo di protezione individuale: per essere sostenibile, non deve essere solo riutilizzabile o smaltibile in modo rispettoso dell'ambiente, ma devono esserlo anche tutte le altre fasi, dalla progettazione alla produzione, dalla distribuzione alla vendita fino allo smaltimento, che deve garantire la sicurezza di chi gestisce i rifiuti.

Il progetto ECOdesign e riciclo di DPI in una filiera industriale circolare (EcoDPI)

di Enrico Cancino

CEO Green Tech Italy

Premessa

Le Reti innovative regionali e distretti industriali, in quanto strumenti operativi rispetto alle politiche della Regione Veneto in tema di ricerca e innovazione, sono stati attivati durante la pandemia per realizzare interventi funzionali alla mitigazione della fase emergenziale e utili alla transizione a un possibile nuovo modello economico e produttivo post-emergenziale. Con queste finalità, la Regione del Veneto ha cofinanziato nel corso del 2020 una serie di progettualità, una della quali è stata proposta dalla rete innovativa regionale denominata Veneto Green Cluster, realtà vocata a promuove la ricerca e l'innovazione ispirata ai modelli dell'economia circolare e, più in generale, della sostenibilità.

Il progetto

Veneto Green Cluster, guidata dal capofila Green Tech Italy, ha coinvolto sedici imprese, di dimensioni da piccole a grandi, più otto dipartimenti universitari degli Atenei di Padova, Verona e Venezia e il parco Scientifico tecnologico di Padova, al fine di realizzare il progetto denominato ECOdesign e riciclo di DPI in una filiera industriale circolare (d'ora in poi EcoDPI), con l'obiettivo generale di valorizzazione i rifiuti provenienti dall'uso di dispositivi di protezione individuali (d'ora in poi DPI, inteso come presidio di prevenzione per la salvaguardia della salute delle persone), anche sanitari. L'obiettivo è stato perseguito studiando le fasi chiave di una potenziale filiera circolare per la produzione di tali dispositivi (acquisizione della materia prima e pre-processi, produzione, utilizzo, fine vita), focalizzando l'attenzione sui seguenti obiettivi specifici:

- definizione di un modello produttivo sostenibile di produzione e gestione di DPI che, nel contesto della pandemia COVID19, ha chiaramente denunciato la sua assenza;
- integrazione di competenze specifiche e capacità produttive ora frammentate e disperse nel territorio;
- produzione di nuova conoscenza (su temi di maggior valore quali: ecodesign, materiali rigenerativi, gerarchia dei rifiuti) trasferibile in diversi ambiti applicativi e altre filiere produttive;
- applicazione dei principi di economia circolare in una filiera produttiva integrata territoriale, in accordo al Circular Economy Action Plan promosso dalla UE al fine di accelerare la transizione indicata dall'European Green Deal.

Il progetto è co-finanziato dalla Regione Veneto nell'ambito dell'Asse 1 POR FESR 2014-2020, per un importo totale di 2.029.972,00 euro, a fronte di una spesa totale di 2.999.460,00 euro.
Il progetto è stato suddiviso in 6 gruppi (work package WP) di attività (Task) indirizzati alla ricerca industriale (RI) oppure allo sviluppo sperimentale (SP).

Tabella 1.
Articolazione del progetto EcoDPI nelle varie attività.

WP0	**Gestione e comunicazione del progetto**
	Task 0.1: Coordinameto tecnico, scientifico e amministrativo
	Task 0.2: Risk management
	Task 0.3: Strategie e dei processi di gestione della proprietà intellettuale
	Task 0.4: Pubblicità e diffusione risultati
WP-RI-1	**Materie prime e MPS di origine sintetica per materiali riciclabili**
	Task: 1 Mappatura dei prodotti in commercio
	Task: 2 Tecnologie di raccolta/smaltimento/riciclo
	Task: 3 Materiali riciclabili
WP-RI-2	**Biopolimeri per materiali riciclabili**
	TASK 4: Stato dell'arte conoscenze e tecnologie disponibili
	Task 5: Produzione a scala laboratorio e pilota di PHA
	Task 6: Caratterizzazione dei PHA prodotti
	Task 7: Bio-materiali per le conformazioni di filamenti, bio-film o polveri per la stampa 3D
WP-RI-3	**Modificazione dei prodotti**
	Task 8: Identificazione dei prodotti/processi per la funzionalizzazione dei DPI
	Task 9: Ottimizzazione dei materiali e funzionalizzane dei prodotti
	Task 10: Ecodesign di prodotto e prototipizzazione
	Task 11: Riciclabilità dell'intero prodotto (su prototipi di prodotto)
	Task 12: Caratterizzazione dei materiali di riciclo
	Task 13: Validazione e test dei DPI
WP-SS-1	**Tecniche di pirolisi per la valorizzazione industriale dei rifiuti da DPI**
	Task 14: Dati di base per identificare DPI/materiali
	Task 15: Definizione tecnologia applicabile
	Task 16: Costruzione, avviamento, collaudo
	Task 17: Test su matrici DPI e altre matrici
WP-SS-2	**Soluzioni integrate processo/prodotto per la sterilizzazione**
	Task 18: Soluzioni integrate processo/prodotto per la sterilizzazione DPI mediante sistemi a perossido e/o UVC
	Task 19: Progettazione di dettaglio-costruzione impianti prototipo e metodologie di verifica/validazione
	Task 20: Ottimizzazione parametri di processo, testing funzionale, analisi/caratterizzazione DPI post trattamento
	Task 21: Progettazione esecutiva degli impianti full scale
WP-RI-4	**Sostenibilità dei cicli produttivi**
	Task 22: Sviluppo di un modello predittivo
	Task 23: Validazione del modello
	Task 24: Implementazione web application
	Task 25: Studi LCA, LCC e SLCA

Ad ogni WP afferiscono specifiche tematiche di ricerca:

- WP-RI-1 e WP-RI-3: in queste fasi vengono individuati e sviluppati
  - i materiali riciclabili per la produzione di DPI,
  - l'ecodesign di prototipi di DPI,
  - la messa a punto di processi/tecnologie per il riuso/recupero/riciclo,
  - la definizione di un sistema di gestione dei rifiuti da DPI.
- WP-RI-2: mira a studiare soluzioni per la transizione da plastiche fossili a plastiche di natura e origine biologica, e quindi biodegradabili/biocompostabili, in particolare sperimentando la produzione di poli-idrossi-alcanoati (PHA).
- WP-SS-1: realizza un impianto pilota di pirogassificazione il cui imput sono matrici selezionate di DPI.
- WP-SS-2: definisce le metodologie di sterilizzazione dei DPI rispetto al virus Covid19, utilizzando perossido e UVC.
- WP-RI-4: si sviluppa un modello per la simulazione integrata degli impatti energetici, idrici, e di emissioni di CO_2 di un ciclo produttivo di recupero DPI, su base oraria.

I Partner del Progetto

Il progetto EcoDPI è articolato in pacchetti di lavoro e per ognuno partecipa un gruppo composto da imprese e da organismi di ricerca, che vantano specifiche competenze per il raggiungimento dei risultati attesi.
Questi sono: Università degli Studi di Padova (Dip. di Ingegneria Industriale, Centro Studi di Economia e Tecnica dell'Energia Giorgio Levi Cases, Dip di Neuroscienze, Dip di Medicina U.O.C. di Medicina di Laboratorio, Dip di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali); Università Cà Foscari di Venezia (Dip. di Scienze Molecolari e Nanosistemi, Dip. Scienze Ambientali, informatiche e Statistiche); Università degli Studi di Verona (Dip. di Biotecnologie); Parco Scientifico Tecnologico Galileo (Divisione MaTech, materiali innovativi e sostenibili); 3Dfast srl; Agenzia Chimica Italiana srl; Akkotex srl; Arte Light srl; Bellitalia srl; Chimicambiente srl; Coccitech srl; Crossing srl; Dolomiticert srl; Elite Ambiente srl; Filtec srl; Ilsa spa; Innoven srl; Sintesyplast srl e Studio Gallian sas.
Il Progetto EcoDPI vede coinvolte altre RIR oltre Veneto Green Cluster, che ne gestisce il coordinamento: Venetian Smart Lighting e Ribes.

I risultati

Gli studi condotti hanno indagato le seguenti quattro criticità causate dalla situazione emergenziale:

1. Assenza di una filiera produttiva territoriale per la produzione di DPI, capace di soddisfare la domanda, garantire una continuità di fornitura.
2. Immissione nel mercato di DPI non certificati o marcati CE o di dubbia efficacia quale presidio di prevenzione, anche semplicemente igienica.
3. Produzione massiva di rifiuti da DPI, con rischio di ulteriore propagazione del virus per scorretta gestione e trasporto del materiale potenzialmente infetto.
4. Blocco del ciclo dei rifiuti e della filiera del riciclo, aumento del quantitativo di rifiuti destinato in discarica ed essere incenerito, limitazione all'export dei rifiuti.

A metà circa del progetto, gli studi hanno evidenziato le seguenti criticità e opportunità.
È stato confermato che i DPI, attualmente, non vengono recuperati per riciclo a causa di limiti: (i) legislativi e normativi che limitano o impediscono il trattamento industriale dei rifiuti potenzialmente infetti; (ii) logistici/produttivi, per la mancanza di una filiera territoriale predisposta al riciclo di questo tipo di prodotti (i DPI sono infatti spesso realizzati accoppiando diversi materiali) e organizzata per operare fasi molto peculiari (ad es. pre-trattamenti quali decontaminazione). Uno dei limiti tecnici al riciclo dei DPI è il fatto che siano spesso prodotti multimateriale, ciascuno di diversa natura e che quindi necessita di diversi tipi e condizioni di trattamento per il suo recupero. Per esempio, una mascherina chirurgica, che è certamente rappresentativa dei vari DPI presi in esame da questo studio, spesso è realizzata nei seguenti materiali:

- 4 strati in TNT di PP;
- 1 strato in TNT di PET;
- Nasello in metallo ricoperto di PE (ed eventuale coprinasello in PU espanso);
- Elastico in PA.

Questi materiali sono di per sé riciclabili (essendo PE, PP, PET, PA termoplastici quindi rifusibili e PU termoindurente, riciclabile per via chimica) ma non sono compatibili se si considera un riciclo che tratti questi materiali in modo unificato. Ciò significa che per poter migliorare la riciclabilità dei DPI si può agire in 2 modi:

1. In fase di progettazione, predisporre la realizzazione di DPI monomateriale riciclabile, in modo che a fine vita non sia necessaria una separazione dei vari componenti prima del reprocessing;
2. In fase di recupero, si realizzi un sistema di separazione dei vari materiali, che vengano poi inviati separatamente a centri di riciclo idonei. Esistono numerose tecniche di separazione, suddivise in macrosorting (separazione macroscopica, come per le bottiglie) e microsorting (separazione di componenti di piccola pezzatura ottenuti dalla triturazione dei rifiuti).

Nonostante lo studio di varie ipotesi di lavoro e il confronto serrato con gli addetti ai lavori (gestori di impianti di trattamento), le valutazioni costi/benefici portano a concludere che, nel caso dei DPI, è necessario attuare una raccolta differenziata a monte che divida i dispositivi ricchi in poliolefine (polipropilene, polietilene) come mascherine, copricamici, copriscarpe, cuffie (realizzati spesso in TNT di PP) dai dispositivi realizzati con altri polimeri (guanti, visiere, ...) e successivamente destinare la frazione ricca in poliolefine a riciclo meccanico e la frazione di polimeri misti a riciclo chimico. Il riciclo meccanico richiederebbe i seguenti pretrattamenti:

1. Sterilizzazione;
2. Macinazione;
3. Separazione (*microsorting* – esistono numerose tecnologie ma la più utilizzata ed economica risulta essere la flottazione in umido);
4. Essiccazione;
5. Densificazione;
6. Estrusione (ed eventuale miscelazione con additivi);
7. Rigranulazione.

Lo studio ha fatto emergere con chiarezza che le tecnologie richieste per i processi sopra elencati esistono ma non sono unificate e non trattano rifiuti da DPI; risulta

inoltre impossibile realizzare uno studio in scala di laboratorio che consideri tutti questi step poiché impianti che utilizzano le suddette tecnologie richiedono ingenti quantità di materiale (per esempio un impianto di densificazione richiede tonnellate di materiale) per capire gli effetti ed impatti. Estrusione, miscelazione e pellettizzazione/granulazione costituiscono invece processi che possono essere studiati in scala di laboratorio, per valutare la qualità del riciclato proveniente da un reprocessing di questo tipo. È infatti necessario uno studio della qualità del materiale riciclato poiché il processo trova ragione d'essere solo se il prodotto in uscita ha mercato (è quindi di buona qualità ed ha un basso costo). Una volta valutate le proprietà del materiale riciclato tal quale (tramite caratterizzazione fisico-meccanica, reologica e termica dello stesso), è possibile valutarne, in base all'applicazione a cui viene destinato, l'additivazione con compatibilizzanti, cariche inorganiche o polimero vergine, per migliorare le performance fisico-meccaniche e la lavorabilità. Per lo studio di miscela in scala di laboratorio tramite estrusione, miscelazione e pellettizzazione si rende necessario utilizzare un polimero in granuli (non TNT perché necessiterebbe della fase di densificazione) con lo stesso comportamento reologico (quindi simili caratteristiche di processo) di quello utilizzato per la realizzazione dei 2 tipi di TNT costituenti i DPI (meltblown e spunbond).
A differenza del riciclo meccanico, per il quale è stato realizzato un layout teorico e verranno poi studiate in scala reale solo le fasi finali (estrusione e rigranulazione), il riciclo chimico è invece analizzabile in via sperimentale poiché è in fase di costruzione e collaudo l'impianto pilota di pirogassificazione.

DPI	PARTE	MATERIALE
MASK CHIRURGICA	ESTERNO	PP
	CENTRALE	PP
	INTERNO	PP
	ELASTICO	PA6
	NASELLO	HDPE
MASK CHIRURGICA (Sala operatoria)	ESTERNO	PET
	CENTRALE	PP
	INTERNO	PET
	ELASTICO	PP
	NASELLO	PU
MASK FFP2 KN95 (produzione cinese)	ESTERNO	PP
	CENTRALE 1	PP
	CENTRALE 2	PP
	CENTRALE 3	PE-PP
	INTERNO	PP
	ELASTICO	PET
	NASELLO	PP
MASK FFP2 CARE002	ESTERNO	PP
	CENTRALE 1	PP
	CENTRALE 2	PP
	CENTRALE 3	PE-PP
	INTERNO	PP
	ELASTICO	PET
	NASELLO	PE-PP caricato $CaCO_3$

Tabella 2.
Composizione di alcuni DPI analizzati.

DPI	PARTE	MATERIALE
MASK FFP2 TUGU	ESTERNO	PP
	CENTRALE 1	PP
	CENTRALE 2	PP
	CENTRALE 3	PP
	INTERNO	PP
	NASELLO	PE
	ELASTICO	PA6
MASK FFP2 HYB620	ESTERNO	PP
	CENTRALE 1	PP
	CENTRALE 2	PP
	CENTRALE 3	PP
	INTERNO	PET
	NASELLO	PP
	COPRINASELLO	Polietereuretano
	ELASTICO	PET
MASK FFP2 BM011	ESTERNO	PP
	CENTRALE 1	PP
	CENTRALE 2	PP
	INTERNO	PET
	COPRINASELLO (anticondensa)	EVA
	ELASTICO	PA6
MASK FFP3	ESTERNO	PP
	CENTRALE 1	PP
	CENTRALE 2	PP
	INTERNO	PE-PP
	NASELLO	PU
	ELASTICO	PE-PP
	FILTRO + MEMBRANA	PP + elastomero
OCCHIALI PROTETTIVI	CORPO	PC
VISIERA (Rexol)	CORPO	PET
	PELLICOLA	PE
	ELASTICO	PET
	COPRIFRONTE	Polietereuretano
VISIERA (Silicon Plastic)	CORPO	PC
CUFFIA (sala operatoria)	CORPO	EVA
	ELASTICO	PET
GUANTI in lattice	CORPO	NR caricata $CaCO_9$
GUANTI in nitrile	CORPO	NBR
SOVRACAMICE	CORPO	PP
COPRISCARPE (Sala operatoria, tipo 1)	CORPO	PE
	ELASTICO	PET
COPRISCARPE (Sala operatoria, tipo 2)	CORPO	PE
COPRISCARPE	CORPO	PP
	ELASTICO	PET + NR caricata $CaCO_3$

Si riporta quindi uno schema di un processo teorico di rigenerazione dei DPI, in cui si tratta per via meccanica la frazione di DPI costituita da mascherine, ricche in poliolefine (PP, PE), e per via chimica (pirogassificazione) i restanti DPI misti.

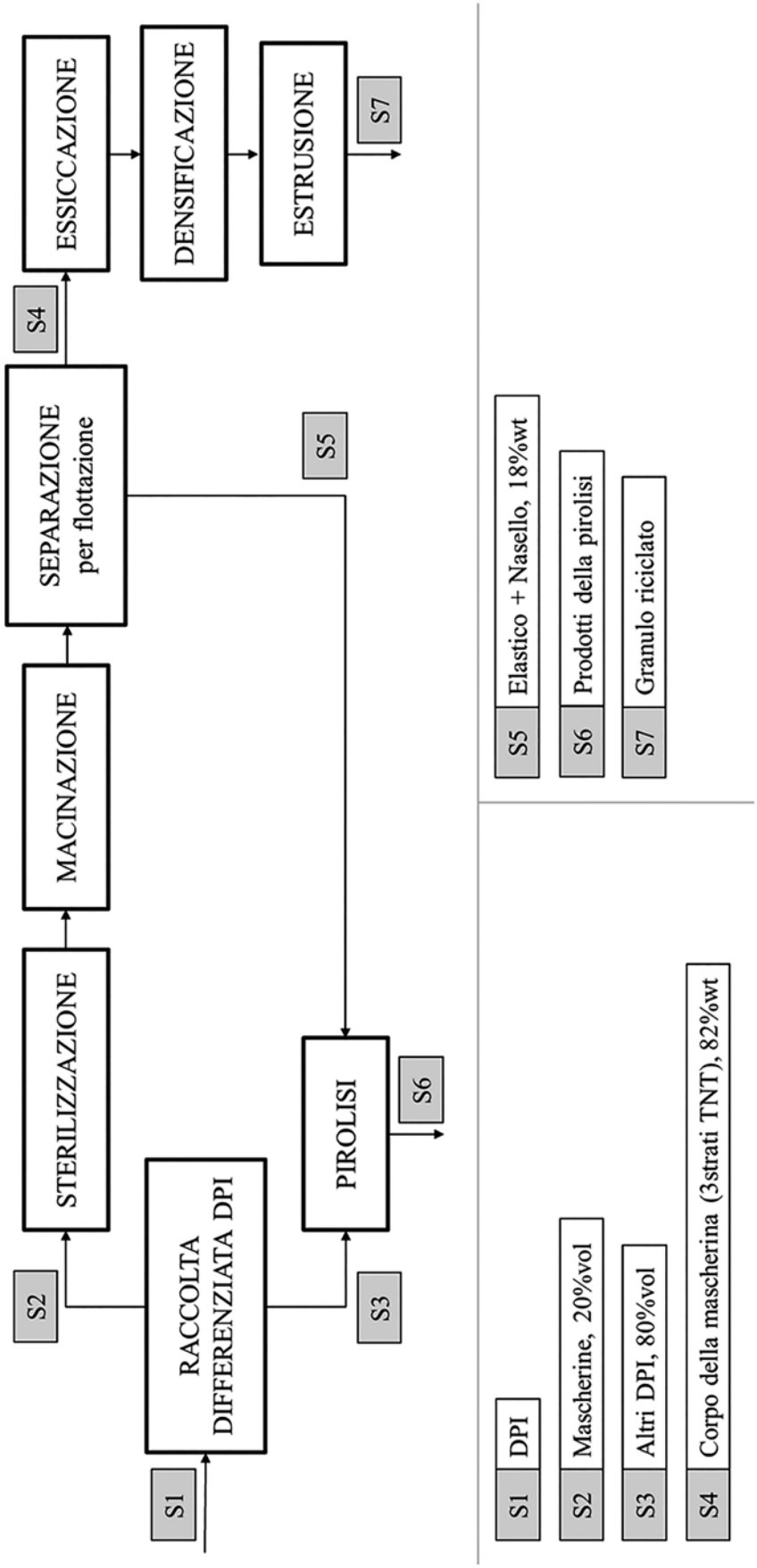


Figura 1.
Schema di un processo teorico di rigenerazione dei DPI.

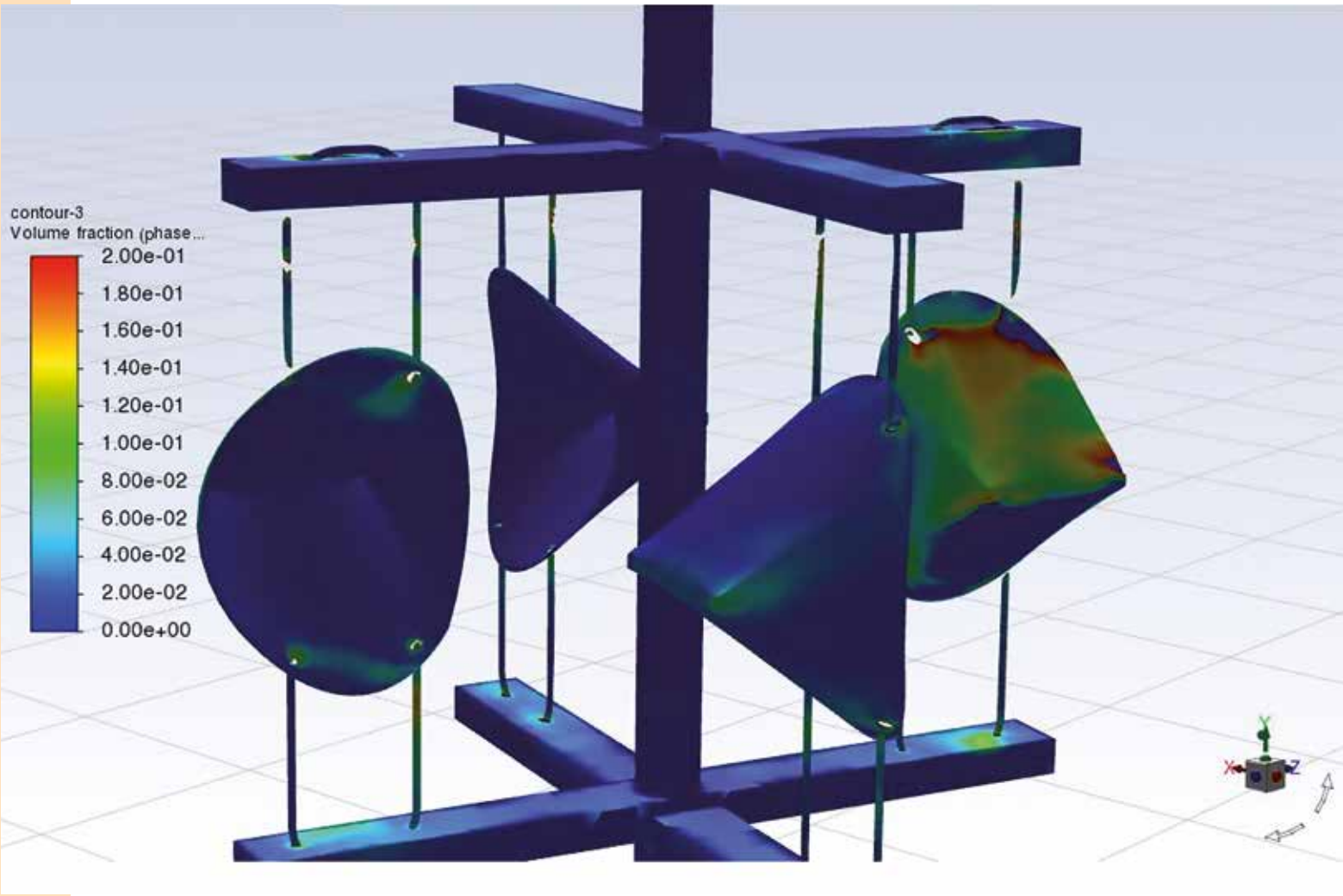
Focus sui sottoprogetti

Focus 1: Sterilizzazione DPI

Il Centro di Ricerca Industriale **Il Sentiero International Campus** (d'ora in poi SIC) studia le possibilità di sterilizzazione dei dispositivi per permetterne il riutilizzo, lo smaltimento e per ridurre i rischi di diffusione del virus associati al loro trasporto.
L'attività è finalizzata alla progettazione e alla prototipazione di sistemi di sterilizzazione, utilizzando perossido di idrogeno e UVC, tecnologia ben conosciuto da **Arte Light S.r.l**. piccola impresa che opera prevalentemente nel settore dell'illuminotecnica, partner del progetto.
In questo ambito di sperimentazione si definiscono le metodologie da adottare per i test quantitativi delle proprietà funzionali e la validazione rispetto al virus del Covid 19, con un approccio tecnico/scientifico integrato che mira al design dei processi e dei sistemi.
Le attività consentono di valutare i seguenti aspetti:

- parametri di processo e le modalità di sterilizzazione;
- cicli di trattamento ammissibili in dipendenza dei parametri adottati per l'inattivazione del virus COVID19;
- metodologie per la misura delle performance (residue) funzionali dei dispositivi.

Figura 2.
Analisi fluidodinamica per la simulazione del flusso di perossido di idrogeno: verifica dell'uniformità della distribuzione del perossido sulla superficie delle mascherine durante in trattamento di decontaminazione.



Focus 2: Pirogassificazione DPI

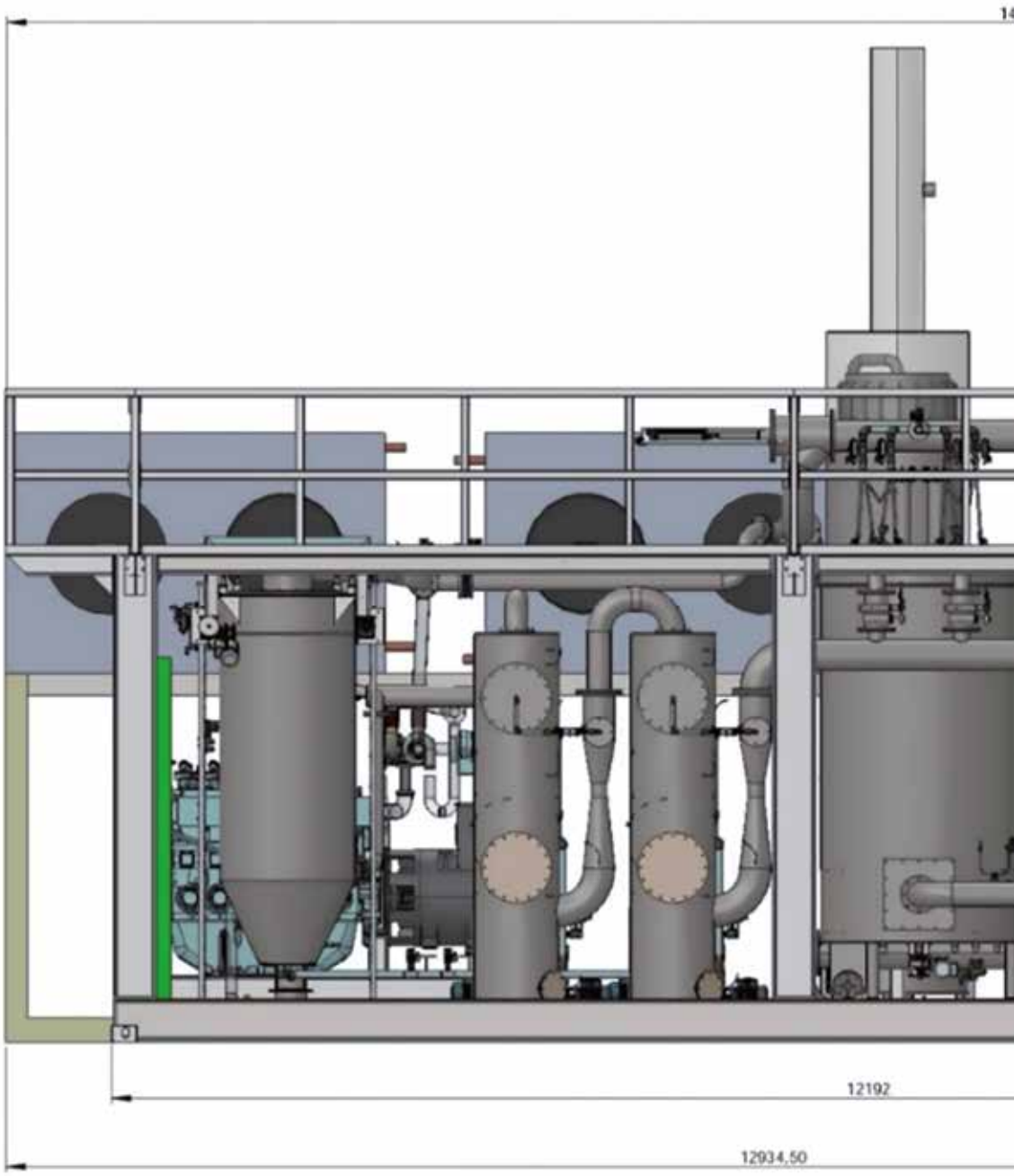
Elite Ambiente S.r.l. realizza un impianto pilota per la pirogassificazione di DPI opportunamente selezionati. Il processo di gassificazione, a grandi linee, si può dividere in tre fasi:

1. **Essiccazione**: ove necessario, l'umidità interna del materiale viene estratta sottoforma di vapore acqueo: l'umidità ideale per avere la resa migliore deve essere al massimo al 10-12%;
2. **Pirolisi**: il materiale essiccato con l'apporto di calore si decompone in assenza d'aria rilasciando vapore acqueo, metanolo, acido acetico e idrocarburi pesanti. La frazione solida, costituita perlopiù da residui carboniosi, trova utilizzo nelle successive reazioni di riduzione e ossidazione;
3. **Gassificazione**: si compone di due reazioni fondamentali, quali l'ossidazione e la riduzione. Durante l'ossidazione, che avviene nella sezione del gassificatore dove si opera l'immissione d'aria, l'ossigeno si combina con il carbonio per formare anidride carbonica. In questo modo il gas, con un elevato contenuto di CO_2, si sposta verso la zona di riduzione, in cui parte dei vapori incombustibili si trasformano in sostanze combustibili.

L'**impianto pilota di gassificazione** progettato (**Fig. 3**), trattando 50 ton/anno di DPI, può godere di un'autorizzazione sperimentale. Inoltre, trattando rifiuti presenti in Tabella 6.A D.M. 6/07/2012, può essere considerato come "Impianto ibrido alimentato da rifiuti parzialmente biodegradabili"; tale impianto rientra quindi nel regime delle fonti rinnovabili.
Oltretutto, con il Decreto Legislativo 8 novembre 2021, n. 199 *Attuazione della direttiva (UE) 2018/2001 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 dicembre 2018*, approvato in supplemento ordinario n. 42/L alla GAZZETTA UFFICIALE del 30/11/2021, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, l'impianto rientra negli incentivi, dato l'utilizzo per il 51% di rifiuti biodegradabili.

Focus 3: Sviluppo di una Maschera Facciale con Filtro-Tampone

Il dispositivo consiste in un particolare DPI "multi-funzionale" composto da una maschera facciale specificatamente sagomata sul volto dell'utilizzatore, equipaggiata con un sistema innovativo a filtro (livello FFP2 o equivalente), impermeabile al virus detto membrana impermeabile (MI); il sistema sarà equipaggiato esternamente con una membrana assorbente, detto Tampone Esterno (TE), in grado di trattenere il contaminante ambientale (SARS-CoV-2) con cui l'operatore entra in contatto durante la giornata lavorativa.
Questo dispositivo prende il nome di Maschera Facciale con Filtro-Tampone - MFFT, per la duplice capacità di proteggere dal contagio e di poter essere utilizzato come tampone per il monitoraggio della esposizione a SARS-CoV-2.
Inizialmente sono stati definiti i parametri adeguati alla progettazione della maschera facciale, che in particolare riguardano i requisiti funzionali e normativi. A partire da questi, si sviluppa la soluzione identificata in termini geometrici e di materiale, anche in relazione alle prestazioni strutturali e di comfort. E a tale riguardo si definisce la metodica di acquisizione dei dati tridimensionali dell'utilizzatore (a titolo di esempio a partire da immagine o scansione tridimensionale).
Le maschere protettive personalizzate, consentono di ottimizzare la capacità protettiva garantendo la piena operatività dell'utilizzatore: a tale riguardo vengono consi-



derate due tipologie di ambiente di lavoro, una di area medica ed una di area manifatturiera/servizi, classificabili come ad elevato rischio di contagio.
La fase si sviluppa quindi nella identificazione del processo produttivo, la tecnica additiva (i.e. stampa 3d), caratterizzata da minimo consumo di materiali, idonea in questo studio a carattere preliminare: le maschere facciali, sono prodotte in poliammide per applicazioni medicali, quindi biocompatibile e, inoltre, riciclabile, sono disinfettabili e sterilizzabili, pertanto riutilizzabili per più turni lavorativi. In pratica, solo il sistema Filtro-Tampone e, se utilizzato, il tampone interno, devono essere smaltiti ad ogni utilizzo, in prospettiva di una significativa riduzione della quantità di rifiuti speciali prodotti e con un contenuto impatto ambientale.
Questa attività vede il coinvolgimento dell'**Università degli Studi di Padova** (Dip di Neuroscienze, Dip di Medicina U.O.C. di Medicina di Laboratorio, Dip di Tecnica e

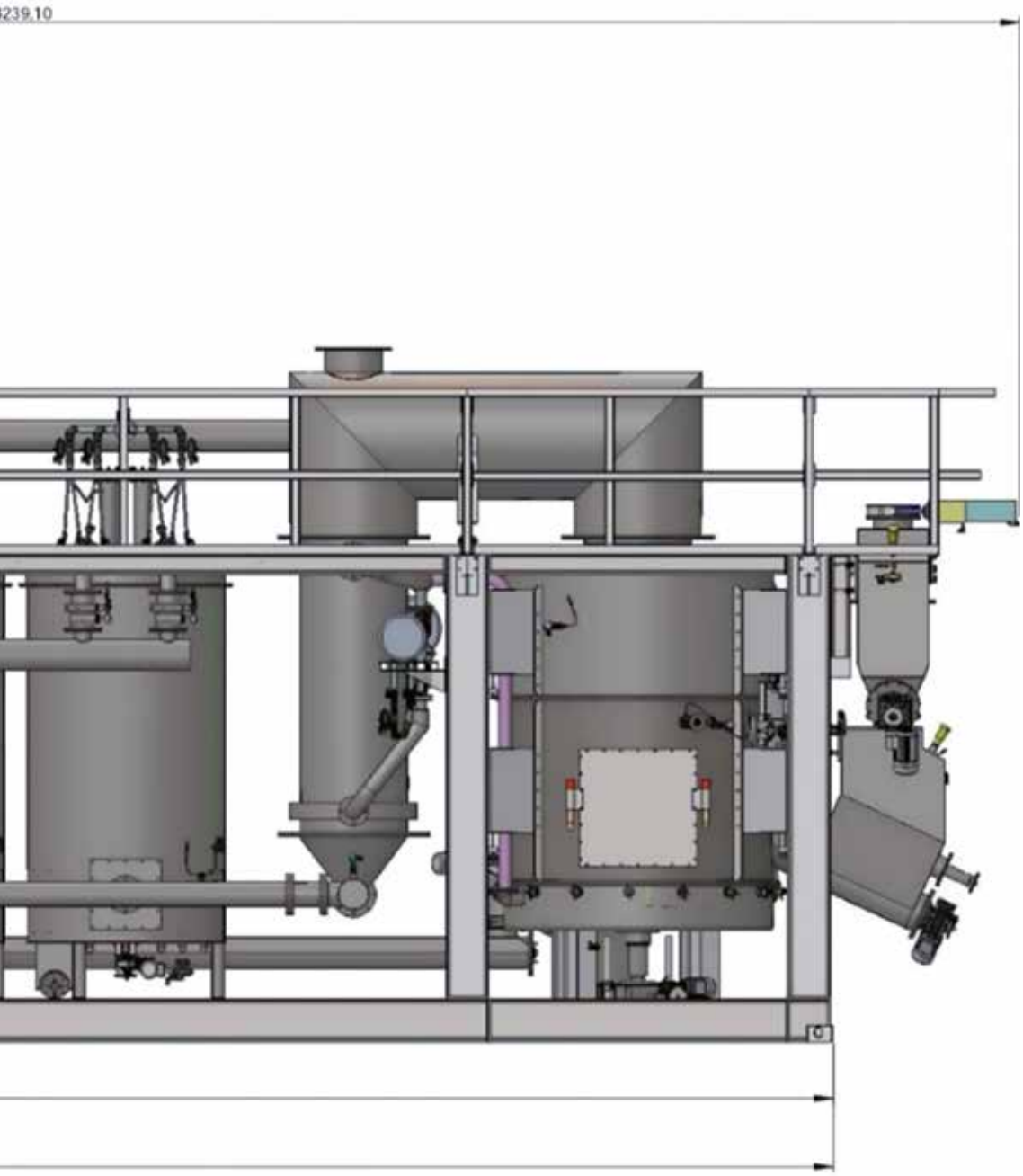


Figura 3.
Impianto pilota di pirogassificazione.

Gestione dei Sistemi Industriali) e il partner industriale **3Dfast S.r.l.** che operano per lo svolgimento delle seguenti sottofasi:

a) Progettazione del sistema Maschera Facciale;

b) Prototipazione del sistema Filtro-Tampone;

c) Analisi sperimentale.

Focus 4: Trattamento superficiale dei DPI

I DPI selezionati per lo studio sono stati sottoposti a trattamento superficiale mediante coating o deposizione di rame in diverse condizioni operative, con differenti antibatterici/antimicrobici/antivirali.

Successivamente sono stati valutati i diversi test da impiegare per la verifica delle prestazioni dei diversi materiali trattati e i test effettuati sia sui materiali vergini che i materiali modificati.
I risultati dei vari test sono stati confrontati per verificare l'efficacia del trattamento.
I trattamenti e i test sono stati ripetuti in modo iterativo per selezionare i migliori prodotti/processi da impiegare per la modifica delle mascherine. Questi prodotti/processi saranno impiegati nella seconda fase del progetto per la modifica di differenti DPI come ad esempio camicie, camici, pantaloni.
Lo scopo dello studio consiste nella valutazione dell'attività e dell'efficacia antibatterica/antimicrobica/antivirale di mascherine additivate con rame, o con coating antimicrobico permanente e la quantificazione dello stesso. Il gruppo di lavoro dedicato a questa fase è composto da **Università Cà Foscari**, Dipartimento di Scienze molecolari e nanosistemi, **Il Sentiero Intenational**, **Crossing srl** e **Chimicambiente srl**.
Accertata la compatibilità dei materiali dei DPI con il trattamento di deposizione selezionato, l'attività di ottimizzazione del processo è proseguita valutando l'effetto della durata del processo di deposizione sulla quantità di rame depositato e l'efficacia del rivestimento ottenuto. In tale fase di ottimizzazione sono stati utilizzate mascherine FFP2 quali DPI da rivestire, selezionando mascherine FFP2 della tipologia a 5 strati.
I rivestimenti ottenuti nella seconda fase di ottimizzazione del processo di deposizione hanno confermato l'assenza di alterazione termica dei materiali delle mascherine FFP2 (**Fig. 4**).

Figura 4.
Mascherine FFP2 al termine della deposizione 5.

I risultati dell'analisi semiquantitativa SEM (Scanning Electron Microscopy) confermano la caratteristica dei rivestimenti Sputtering capaci di accrescersi senza modificare la morfologia della superfice che vanno a rivestire, mostrando la diversa morfologia dei rivestimenti accresciuti sulle facce lisce e su quelle satinate.
Per la valutazione dell'efficacia funzionale dei rivestimenti di rame e del contenuto di rame depositato, i campioni di FFP2 sono ora sottoposti all'esecuzione dei test specifici.

Tre diversi coating antimicrobici sono stati sintetizzati in quantità sufficienti per poter procedere al trattamento superficiale dei DPI mediante tecnica a spruzzo.
Le attività di ottimizzazione del trattamento superficiale sono state attuate in modo da implementare un processo in grado di garantire la deposizione di un film organico secondo parametri operativi compatibili con i materiali costituenti i DPI (temperatura, caratteristiche fisico meccaniche, organolettiche), a seconda della concentrazione di prodotto ottenuto e attraverso l'ottimizzazione della tecnica di applicazione a spruzzo.
Diversi campioni di DPI (mascherine) sono stati trattati in quantità crescenti con almeno due diverse formulazioni di coating e i campioni inviati per la valutazione dell'efficacia antimicrobica. Per ogni trattamento effettuato con almeno due diversi prodotti sono stati effettuati 3 test a diverse concentrazioni, due diverse tecniche di deposizione (a freddo e scaldando), asciugando all'aria o a caldo. Per ogni trattamento sono stati prodotti 5 campioni uguali. La campagna di test ha prodotto complessivamente 120 DPI su cui sono stati effettuati i test antibatterici/antimicrobici; i risultati sono stati confrontati con campioni di tessuto non trattato.
I test hanno permesso di identificare la concentrazione ottimale da impiegare per la produzione di mascherine facciali altamente efficienti contro i batteri, nonché la migliore tecnica di deposizione (temperatura, tecniche di asciugatura).
Un ulteriore set di campioni (25) sono stati prodotti nelle migliori condizioni individuate secondo quanto sopra riportato, per effettuare i successivi test MOCA. Questi test sono stati inizialmente effettuati su un materiale standard in PP, impiegato come substrato di riferimento per i test di deposizione superficiale. I test MOCA sono necessari per la possibile messa sul mercato del trattamento e servono a verificare l'assenza di migrazione del trattamento dal materiale all'ambiente. I test sono attualmente in corso.

Figura 5.
Mascherine chirurgiche NON trattate (riferimento) e Trattate con coating antimicrobico.

Focus 5: Biopolimeri per la produzione di DPI

Con l'obiettivo di produrre DPI attraverso materiali innovativi che possano essere biodegradabile si è studiato un bio-polimero (poli-idrossi-alcanoati PHA) quale materiabile di origine biologico, 100% biodegradabile e compostabile. **Innoven S.r.l.**, l'**Università Cà Foscari di Venezia** e l'**Università di Verona** hanno collaborato nella produzione del PHA a scala di laboratorio e pilota utilizzando colture miste o pure, come fonte di carbonio, un fermentato ricco in VFA prodotto della fermentazione acido genica di scarti agricoli/agroindustriali, fanghi di depurazione acque o idrolizzati enzimatici animali-vegetali (prodotto da **ILSA S.p.a.**). Il PHA è stato estratto utilizzando metodi di digestione chimica o solventi organici per poi essere analizzati all'**Università di Padova, Dipartimento di ingegneria industriale**, al fine di determinare la sua idoneità ad essere utilizzati per la produzione di filamenti, biofilm o polveri per la stampa 3D di DPI. La sperimentazione è in corso e sono stati stampati i primi prototipi di DPI (occhiali) da parte di **Coccitech S.r.l.**.

Lo studio ha fatto il punto sullo stato dell'arte: da marzo 2021 l'azienda statunitense Novomer (acquisita da Danimer) ha annunciato di aver messo a punto un processo per la produzione di bioplastiche a base di poliidrossialcanoati (PHA) attraverso un processo di polimerizzazione a basso costo e facilmente scalabile.

In particolare, la tecnologia COEth sviluppata dalla società sfrutta la catalisi selettiva per convertire ossido di etilene e anidride carbonica in lattoni (monomero), per poi utilizzare il meccanismo di polimerizzazione ring opening, che rompe la struttura ad anello per ottenere una molecola lineare con un gruppo estereo.

L'azienda afferma di essere riuscita ad ottenere un peso molecolare idoneo ad applicazioni commerciali e punta a introdurre questi biopolimeri sul mercato. Dai primi test, il materiale si confermerebbe biodegradabile e compostabile (UNI EN 13436), molto flessibile (film soffiati con allungamento superiore al 500%) e dotato di resistenza alla trazione superiore a quella del polietilene. Potenziali applicazioni riguardano sacchetti, etichette, film agricoli e sacchetti per i rifiuti.

Il primo tipo sviluppato è un omopolimero del beta-propriolattone – poly (3-hydroxypropionate) ad alto peso molecolare – con una struttura simile a due poliesteri alifatici, il PHB e il policaprolattone (PCL).

Al momento il prodotto è realizzato su un impianto pilota ma l'azienda prevede di iniziare l'anno prossimo la costruzione di un impianto su scala commerciale da 80.000 tonnellate annue.

Attraverso, Horizon 2020 (H2020), un programma Europeo di Ricerca ed Innovazione sono attivi diversi progetti accumunati dall'obiettivi di creare una leva competitiva con le plastiche fossili come il PE, PP e altri, riducendo i costi di produzione dei PHA sfruttando i processi green dell'economia circolare. Alcuni progetti si riferiscono alla valorizzazione degli scarti agro-industriali per la produzione di questi biopolimeri. Alcuni di questi progetti sono: Afterlife, Ingreen, Sherpack, Usable Packaging, Glopack.

Una considerazione che deriva dallo studio di questi progetti, è quella di poter contare su impianti pilota per poter fare scale up dal laboratorio all'industria: alcuni di questi sono:

- Impianto di ISOLA della SCALA, ITALIA (di INNOVEN SRL) che produce la biomassa ricca in PHA a partire dagli scarti agricoli e liquami.
- Impianto pilota di purificazione di Carbonera, ITALIA, è usato per il recupero di fosforo e biopolimeri dal processo di purificazione di acque reflue urbane.
- Impianto pilota di Treviso, ITALIA, produce PHA da un feedstock composto da liquami, frazione organica della FORSU e fanghi di depurazione.

- Impianto pilota di Lisbona, Portogallo, produce i PHA dal rifiuto organico nell'impianto di scarti dall'industria ortofrutticola.

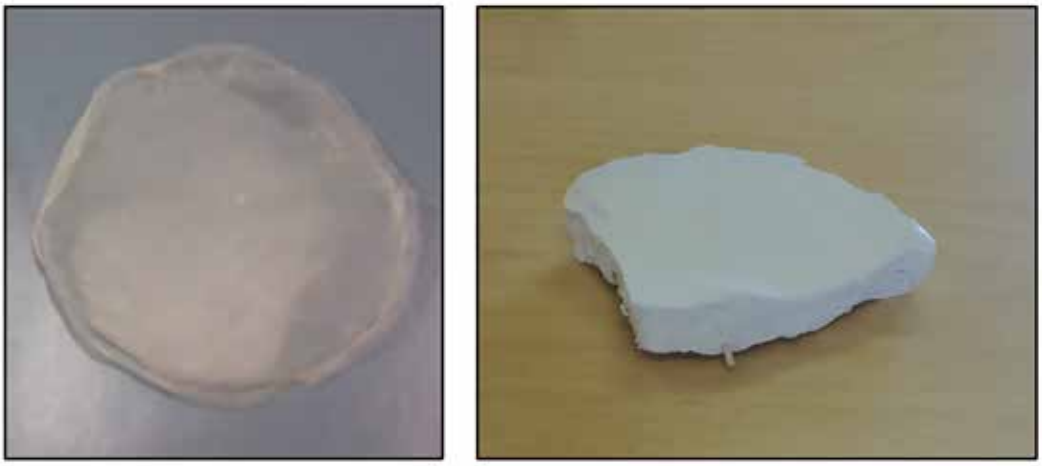


Figura 6.
Film polimerico (PHA) estratto con cloroformio (a sinistra); PHA in polvere essiccato in stufa dopo estrazione con una soluzione acquosa a base di ipoclorito di sodio.

Figura 7.
Campioni di PHA analizzati in laboratorio.

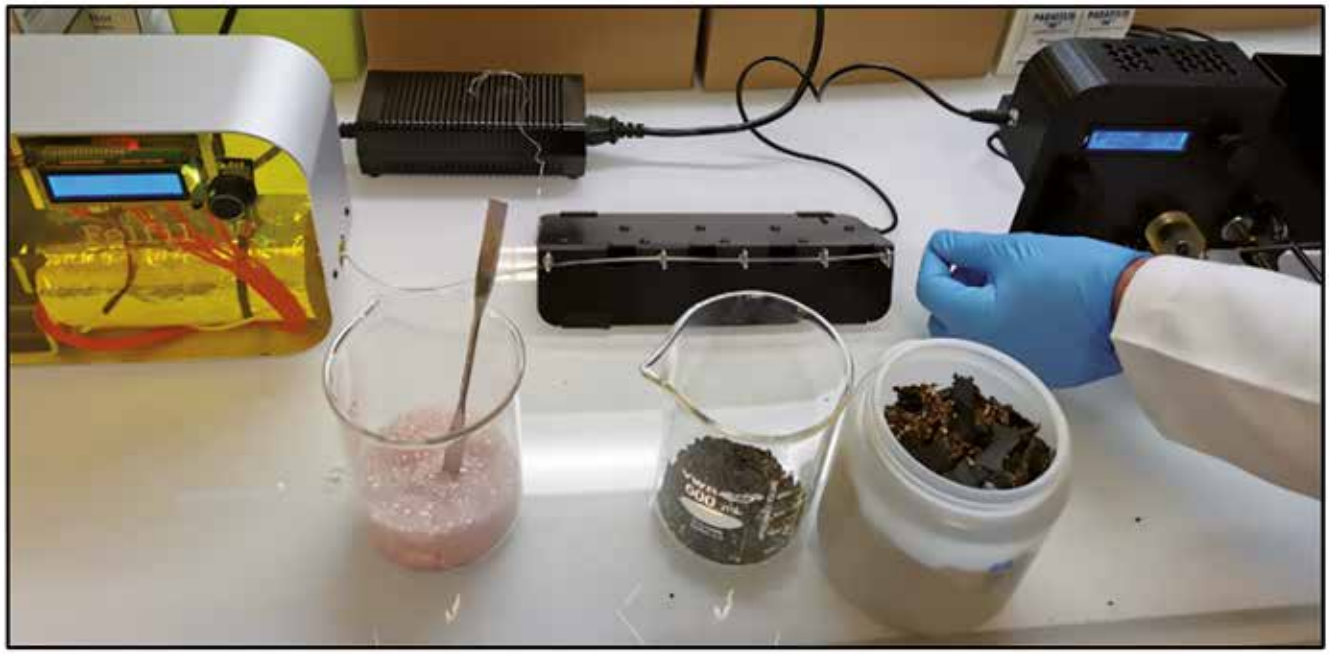


Figura 8.
Produzione di filamenti di PHA a diametro 1.75 mm per stampa 3D.

Figura 9.
Prototipi in stampa additiva utilizzando bobine di bioplastica prodotta in Veneto.

Focus 6: Il modello predettivo

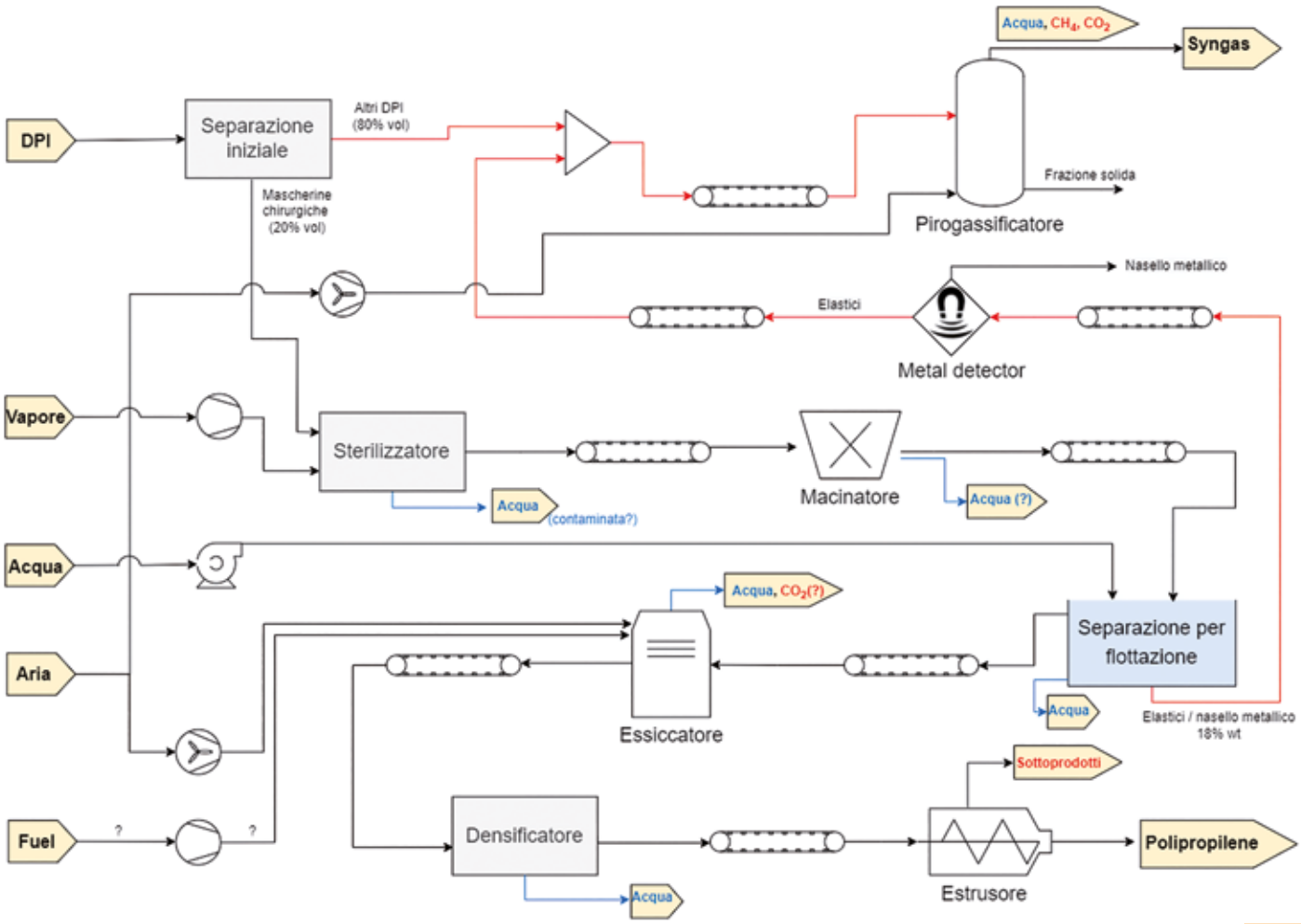
Il Centro Levi Cases dell'**Università degli Studi di Padova** sta mettendo a punto una metodologia per la predizione dei consumi energetici e idrici e per le emissioni di gas serra (CO_2eq) di un ciclo produttivo, su base oraria. Inoltre sono stati identificati due processi, rispettivamente di valorizzazione energetica e di riutilizzo dei DPI, su cui successivamente applicare e validare il modello predittivo e complementarmente sviluppare lo studio LCA, LCC e SLCA.

Nel dettaglio è stata messa a punto a livello concettuale la struttura del modello predittivo, basata sulla compilazione di matrici tridimensionali per il calcolo dei vari impatti su base oraria, al fine di mantenere una struttura semplice e adattabile a diversi cicli produttivi. A tal scopo è stata formalizzata una scheda per la raccolta delle informazioni relative ad un generico ciclo produttivo (vettori energetici e materie prime utilizzati, apparecchiature coinvolte, regime di funzionamento e consumi specifici delle stesse, ecc.) necessarie per il calcolo degli impatti in esame. Il modello è stato poi applicato ad un caso studio generico allo scopo di dimostrarne il funzionamento. Infine, sono stati identificati e schematizzati in diagramma a blocchi due processi: un processo di riciclo meccanico di mascherine chirurgiche e/o FFP2, ed uno chimico basato su pirogassificazione di diversi DPI, a cui il modello sarà applicato.

In tale processo il modello rappresenta un utile strumento per:

- determinare gli impatti ambientali del processo, in termini di emissioni di gas serra e consumi idrici;
- determinare i costi operativi dell'impianto (consumi energetico, di combustibile, acqua, ecc.) al fine di valutare la convenienza o meno del processo. Affinché il processo sia economicamente sostenibile, il prezzo del polipropilene riciclato deve essere più conveniente di quello vergine.

Figura 10.
Schema di processo del recupero/rivalorizzazione dei DPI giunti a fine vita.



Nuovi modelli produttivi, di business e di consumo

EcoDPI focalizza la sua attenzione sulle criticità connesse alla richiesta ed uso dei DPI nel contesto dell'emergenza pandemica, criticità emblematiche di una serie di debolezze strutturali e congenite del sistema produttivo italiano, superabili con la transizione verso nuovi paradigmi quali quelli di una economia più circolare. In altre parole, il progetto coglie l'occasione per sviluppare un caso studio con l'obiettivo concretoa di applicare i principi della "circolarità" (mantenere il valore dei materiali il più a lungo possibile, estendere il ciclo di vita, ridurre i rifiuti al minimo) ad una nuova filiera produttiva; l'attenzione viene quindi focalizzata su una famiglia di prodotti, aggregati per scopo sotto l'acronimo DPI, e ne verifica la possibilità di una loro produzione e gestione lungo tutto il loro ciclo di vita, tale da soddisfare modelli di business industriali più sostenibili.

Il caso studio si inserisce in un nuovo modello di produzione e consumo, applicabile ad una larga maggioranza di produzioni *made in Italy*, che condividono i seguenti fattori economico/produttivi:

1. **la brusca interruzione delle cosiddette filiere estese globali rilevata nel momento emergenziale**, in particolare di approvvigionamento di materia prima o semilavorati ha evidenziato una profonda fragilità del sistema e stimola un ripensamento dei propri modelli di business; in particolare si rivalutano come strategici gli asset interni aziendali e territoriali, si fa concreta la necessità di rafforzare o ricostruire filiere corte, diventa un must ricercare continuamente nuove fonti di approvvigionamento delle materie prime, di energia, di servizi ad alto contenuto di conoscenza. Nel progetto vengono quindi perseguiti gli obiettivi di ottimizzare l'utilizzo delle materie prime (MP) o seconde (MPS) e individuare nuovi fonti di approvvigionamento/estrazione di MP e MPS, attraverso lo studio di materiali polimerici provenienti da fonti sintetiche o da biomassa. Il presupposto è sostenere i processi e le tecnologie di recupero, creare un mercato delle MPS ove il costo delle MPS sia inferiore a quelle delle materie prime vergini.La qualità e la tecnologia applicata ai prodotti deve essere mantenuta ad un livello elevato per sostenere una competizione globale. Durante l'emergenza pandemica, il mercato è stato invaso da prodotti non certificati, non marcati CE o di dubbia efficacia funzionale. Mantenere un livello qualitativo elevato percepibile dal consumatore offre un maggior valore aggiunto; i risultati del progetto permetteranno di ottenere materiali funzionalizzati e prodotti le cui prestazioni siano certificabili;
2. **efficientare i propri sistemi produttivi fino a livelli significativi di performance e di consumo energetico, ottimizzando i flussi, gli impianti e le attrezzature esistenti in una direzione di maggiore sostenibilità**. Nel contesto del progetto sono analizzati gli impatti dei cicli produttivi coinvolti nella filiera (produttori DPI, impianti recupero di materia, impianti recupero di energia), con monitoraggio su base oraria. Nella fattispecie, gli impatti che saranno presi in considerazione sono: consumo energetico, consumo idrico, ed emissioni di CO_2. La costruzione dei modelli (di consumo, emissione, ecc.) è effettuata a partire dall'acquisizione dei dati fondamentali del ciclo produttivo, quali vettori energetici utilizzati, materie prime utilizzate, potenza dei macchinari e così via. La sostenibilità dei prodotti e delle produzioni è sempre più un valore ricercato nel mercato, e il consumatore finale sta maturando una maggiore sensibilità ambientale a seguito della pandemia;

3. **rinforzare la dotazione impiantistica ed infrastrutturale idonea a garantire, su tutto il territorio, riciclo e recupero. Liberare risorse per realizzare impianti pilota capaci di trattare e recuperare i rifiuti,** valorizzare sottoprodotti tramite estrazione di sostanze pregiate, sperimentare nuovi processi di pirolisi che impattano limitatamente con l'ambiente, migliorare la logistica dei trasporti con impianti off-site di sterilizzazione: questi obiettivi sono perseguiti nel progetto; il tema dello sviluppo impiantistico e quello del mercato di sbocco sono strettamente collegati, poiché il primo sarà tanto più necessario quanto ci sarà la possibilità di valorizzare, preferibilmente sul mercato nazionale, le MPS. Per molto tempo è stato più conveniente acquistare i materiali come materia vergine o approvvigionarsi di MPS su mercati esteri o ricorrere a recupero energetico piuttosto che al riuso o riciclo. Le ultime crisi hanno certamente rivalutato l'importanza sia di esperienze locali di simbiosi industriale, in cui imprese contigue (territorialmente o come settore) riescono ad intraprendere un percorso virtuoso in cui gli scarti di una vengono valorizzati dall'altra, sia di settori particolarmente propensi all'utilizzo di MPS nelle loro produzioni; per sostenere o rafforzare queste dinamiche, in molti casi spontanee, devono sostanzialmente cambiare gli attuali paradigmi normativi, economici e di consumo.

Un intero ciclo di vita sostenibile

In conclusione, la sicurezza di tutti è vitale ma dovrebbe essere sostenibile, sia da un punto di vista economico che ambientale. L'uso intensivo delle mascherine (per citare l'esempio più comune, si parla di 3 milioni di nuove mascherine ogni minuto nel mondo, quasi 130 miliardi al mese al mese) sia nelle strutture sanitarie sia nella vita di ognuno di noi, ha provocato un considerevole aumento dei rifiuti. Poterle riutilizzare o smaltire, eliminando allo stesso tempo il rischio di contagio dal virus, riduce l'impatto sull'ambiente e sulle spese di aziende e privati.
I risultati ottenuti fin d'ora dal progetto sono coerenti con questi obiettivi e possono essere estesi dalle aziende partner ad altre parti della stessa filiera, ma anche ad altre filiere, coinvolgendo un ampio spettro di portatori di interesse. Infatti, il principio su cui si basa lo sviluppo dei nuovi DPI più sostenibili è l'ecodesign e la ricerca di materiali riciclabili, volti ad una più efficiente gestione del fine vita di tutti i prodotti.
Più in dettaglio, i risultati saranno trasferibili ad altre filiere che in generale hanno come scopo la produzione di materiali ottenuti a partire da polimeri naturali o sintetici. Ad esempio, l'applicazione di un polimero come il PHA apre la possibilità di molteplici applicazioni ad esempio nel settore del packaging (sia per il settore food che non-food), e per i prodotti single use plastic (SUP).
I trattamenti antimicrobici/antivirali che in questo contesto sono sviluppati per la funzionalizzazione di DPI possono essere implementati ad esempio per:

- abbigliamento,
- arredamento,
- produzione di tappezzerie, tende, biancheria per la casa,
- vernici per ambienti lavorativi e domestici,
- produzione di cuoio e calzature, sanitari e accessori ospedalieri.

La tecnologia di piro gassificazione, messa a punto nel progetto, interessa un amplissimo range di materiali organici.
Le stesse tecnologie di sterilizzazione consentono una loro applicabilità in vari ambiti.

Si ritiene che, i concept sviluppati nel presente progetto, possano trovare applicazione attraverso opportune modifiche/integrazioni in:

- sistemi mobili per la sterilizzazione di mezzi di trasporto o aree pubbliche (ambienti ospedalieri, scuole, stazioni, teatri, aree di intrattenimento, centri commerciali, mezzi di trasporto, etc.);
- sistemi per utilizzo nel settore della difesa (ospedali da campo).

Infine, il modello di simulazione dei cicli produttivi è concepito in modo tale da poter essere applicato a qualsiasi attività industriale. In aggiunta, la metodologia è potenzialmente estendibile ad altri impatti quali il consumo di materie prime, l'emissione di altre sostanze in atmosfera, ecc.

Progetto EcoDPI: prototipazione di sistemi di sterilizzazione con perossido di idrogeno e UVC

di Domenico Stocchi e Alessandra Bellucci***

** Research & innovation Director Il Sentiero International Campus srl*

*** Research & Innovation Manager, Ecor International*

Il Progetto EcoDPI

L'idea del progetto EcoDPI, acronimo di **ECOdesign e riciclo di DPI** (*Dispositivi di Protezione Individuale*) in una filiera industriale circolare, nasce da una serie di sentite e diffuse criticità emerse durante l'emergenza pandemica in relazione all'uso intensivo dei dispositivi di protezione individuale (DPI). La sostenibilità ambientale è decisamente il filo conduttore del Progetto che intende analizzare le fasi chiave di una potenziale filiera circolare per la produzione di DPI.

Le attività di ricerca sviluppate nel corso del progetto, che ha una durata di 28 mesi, hanno una struttura articolata su più linee di lavoro. Si definisce lo stato dell'arte sia relativo ai diversi DPI – quali maschere protettive FFP2 e FFP3, mascherine chirurgiche, guanti, sovra-camice, tute, occhiali, visiere – che sono caratterizzati da un'ampia diversità di materiali costituenti, sia relativo alle attuali procedure di recupero/riciclo a fine vita. Una specifica linea di attività è dedicata ai biopolimeri per materiali riciclabili, investigando in particolare la famiglia dei poli-idrossi-alcanoati (PHA) estratti da sostanze di scarto e rifiuti organici per la produzione di DPI con tecniche additive. Si considera inoltre la formulazione e lo sviluppo di **prototipi di prodotti riciclabili**, attraverso l'applicazione dei principi di ecodesign e lo sviluppo di tecniche di raccolta, selezione, separazione e riuso/riciclo degli scarti di lavorazione e dei prodotti a fine vita. Viene approfondita la tematica della **sostenibilità dei cicli produttivi** attraverso la simulazione predittiva. Infine, la valorizzazione dei rifiuti da DPI è affrontata sia attraverso l'applicazione di **tecniche di pirolisi** che di soluzioni integrate processo/prodotto per la **sterilizzazione**.

Il progetto EcoDPI abbraccia nel suo contesto **molteplici tecnologie abilitanti**.
In riferimento ai **"Materiali avanzati"**, i risultati delle attività sviluppate consentiranno di **realizzare prototipi di DPI e altri manufatti con i nuovi materiali ed il nuovo design, più sostenibili**. Basandosi su questi, sarà possibile lo studio della successiva fase di ingegnerizzazione del processo di produzione. **Il grado di innovazione è inoltre aumentato dalla possibilità di impiegare nuovi polimeri antimicrobici/antimuffa/antivirali per il settore dei materiali plastici e DPI.**
Le **"Biotecnologie Industriali"** rappresentano una seconda tecnologia abilitante utilizzata nel progetto EcoDPI, sia nello sfruttamento, in un sistema pilota, della bioconversione di precursori organici in bio-polimeri ad elevato valore aggiunto mediante l'utilizzo di biomasse microbiche, sia nelle attività di modificazione dei DPI che di sviluppo di soluzioni integrate processo/prodotto per la **sterilizzazione**, che

prevedono un programma di ricerca interdisciplinare che tocca anche l'ambito biomedico e bio-ingegneristico. Infine nello sviluppo di tecniche di pirolisi per la valorizzazione industriale dei rifiuti da DPI si utilizza la tecnologia abilitante ''Sistemi avanzati di produzione'', intesi come automazione logistica dei flussi fisici/informativi.

Nel progetto EcoDPI lavora un **gruppo composto sia da imprese che da organismi di ricerca** (OdR) che vantano competenze specifiche per il raggiungimento dei risultati attesi.

- **Università degli Studi di Padova** (Dip. di Ingegneria Industriale, Centro Studi di Economia e Tecnica dell'Energia Giorgio Levi Cases, Dip di Neuroscienze, Dip di Medicina U.O.C. di Medicina di Laboratorio, Dip di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali), **Università Cà Foscari di Venezia** (Dip. di Scienze Molecolari e Nanosistemi, Dip. Scienze Ambientali, informatiche e Statistiche), **Università degli Studi di Verona** (Dip. di Biotecnologie), **Parco Scientifico Tecnologico Galileo** (Divisione MaTech, materiali innovativi e sostenibili);
- **3Dfast, Agenzia Chimica Italiana, Akkotex, Arte Light, Bellitalia, Chimicambiente, Coccitech, Crossing, Dolomiticert, Elite Ambiente, Filtec, Ilsa, Innoven, Sintesy Plast, Studio Gallian**.

ll Progetto ECODPI vede coinvolte le Reti Innovative regionali (RIR) VENETO GREEN CLUSTER, VENETIAN SMART LIGHTING e RIBES.

Il ruolo de Il Sentiero International Campus

Il ruolo de *Il Sentiero International Campus* nel Progetto EcoDPI è principalmente nello **sviluppo di trattamenti da applicare ai DPI sia per incrementarne le prestazioni, sia per ridurne l'impatto ambientale**.

Il Sentiero International Campus è leader della linea di **ricerca dedicata alle soluzioni integrate processo/prodotto per la sterilizzazione dei DPI, con particolare riferimento ai dispositivi di protezione facciale, quali le mascherine FFP2**. Partner nelle attività svolte in questa linea del Progetto sono le aziende *Chimicambiente* ed *ArteLight*.

Sono già noti e in uso **differenti processi di sterilizzazione** che tuttavia hanno in molti casi effetti che non sono ancora del tutto chiariti, soprattutto nell'ottica di applicarli per consentire il riutilizzo dei DPI. In tale contesto le attività di sviluppo hanno previsto la progettazione e la prototipazione di **sistemi con tecnologia a perossido di idrogeno** (*Il Sentiero International Campus*) e **radiazione ultravioletta UVC** (*Arte Light*) **che permettano la sterilizzazione dei dispositivi**, al fine di consentirne sia il riutilizzo che un trattamento di fine vita prima della loro raccolta nel ciclo dell'indifferenziato con lo scopo di ridurre i rischi di diffusione del virus associati al trasporto dei DPI da dismettere.

Per il processo di **sterilizzazione a perossido di idrogeno** *Il Sentiero International Campus* ha sviluppato un **sistema di decontaminazione che utilizza i vapori di perossido**, muovendo dalla definizione delle fasi principali del processo di sterilizzazione e dei fattori di criticità che possono comprometterne l'efficacia, passando al

Sistema di produzione dei vapori di perossido: C.E.M. (*Controlled Evaporation Mixer*) prodotto da Bronkhorst, che permette un alto grado di controllo delle condizioni di processo:
- flusso di gas;
- flusso di liquido;
- temperatura (in riscaldamento).

design dell'impianto prototipale supportato dall'**analisi fluidodinamica**, finalizzata ad ottimizzare il processo così da incrementarne l'efficacia garantendo l'ottimale avvolgimento delle mascherine da parte del flusso d'aria sterilizzante, fino alla realizzazione del sistema prototipale, progettato garantendone la scalabilità a sistemi di taglia più grande. Il sistema di decontaminazione a vapori di perossido di idrogeno utilizza l'azione sinergica della radiazione UVC, utilizzata nel modulo ausiliare per il trattamento di deumidificazione.

L'intero sistema è stato progettato seguendo i principi della progettazione igienica e farmaceutica, in termini ad esempio di pulibilità, drenaggio e sporcamento delle sue parti. La selezione dei materiali da impiegare nella sua costruzione ha dovuto considerare la particolare onerosità dell'ambiente di esercizio verso le superfici, determinate dalla presenza del perossido di idrogeno.
La progettazione è stata supportata da modelli virtuali del processo di sterilizzazione che hanno consentito la valutazione dell'interazione dei fluidi di processo con i DPI (ad es. l'effetto del posizionamento del DPI nella camera del trattamento la correlazione tra i parametri del processo e l'uniformità del trattamento).

In questa linea di ricerca dedicata ai trattamenti di sterilizzazione, *Arte Light* ha parallelamente sviluppato un **sistema di decontaminazione basato sull'utilizzo della radiazione UVC**, realizzando un prototipo operativo finalizzato alla validazione dell'efficacia del sistema progettato e definendo un modulo sperimentale modulare e scalabile in grado di consentire il trattamento in linea dei DPI.

Scheda

Progetto di ricerca

Soluzioni integrate processo/prodotto per la sterilizzazione dei DPI (mascherine FFP2)

Profilo Aziende Partner

Chimicambiente

Chimicambiente S.r.l. è un consolidato laboratorio accreditato ACCREDIA (accreditamento n. 0763 L) in conformità alla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025 "Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura" e certificato agli standard ISO 9001 e ISO 14001, che opera nel campo ambientale e delle analisi dei materiali. Nell'ambito ambientale, grazie a un team di tecnici specializzati, il laboratorio gestisce analisi per tutte le matrici, con particolare attenzione alle analisi di: rifiuti, acque, emissioni, ambienti di lavoro, amianto, terreni, MPS. Nell'ambito dei materiali, grazie a figure professionali con decennale esperienza, il laboratorio propone una vasta gamma di servizi analitici che partendo dalla caratterizzazione passa alla ricerca e quantificazione di contaminanti chimici (Reach, MRSL, MOCA/Packaging, RoHS) fino alla valutazione di resistenza ed efficacia antimicrobica in varie matrici (polimeri, tessuti, leghe metalliche, cuoio, disinfettanti, detergenti e altri composti chimici). L'analisi è sempre accompagnata da un supporto tecnico e dalla consulenza dei nostri esperti che assieme alla flessibilità dell'azienda supportano il cliente nel raggiungere i propri obiettivi.

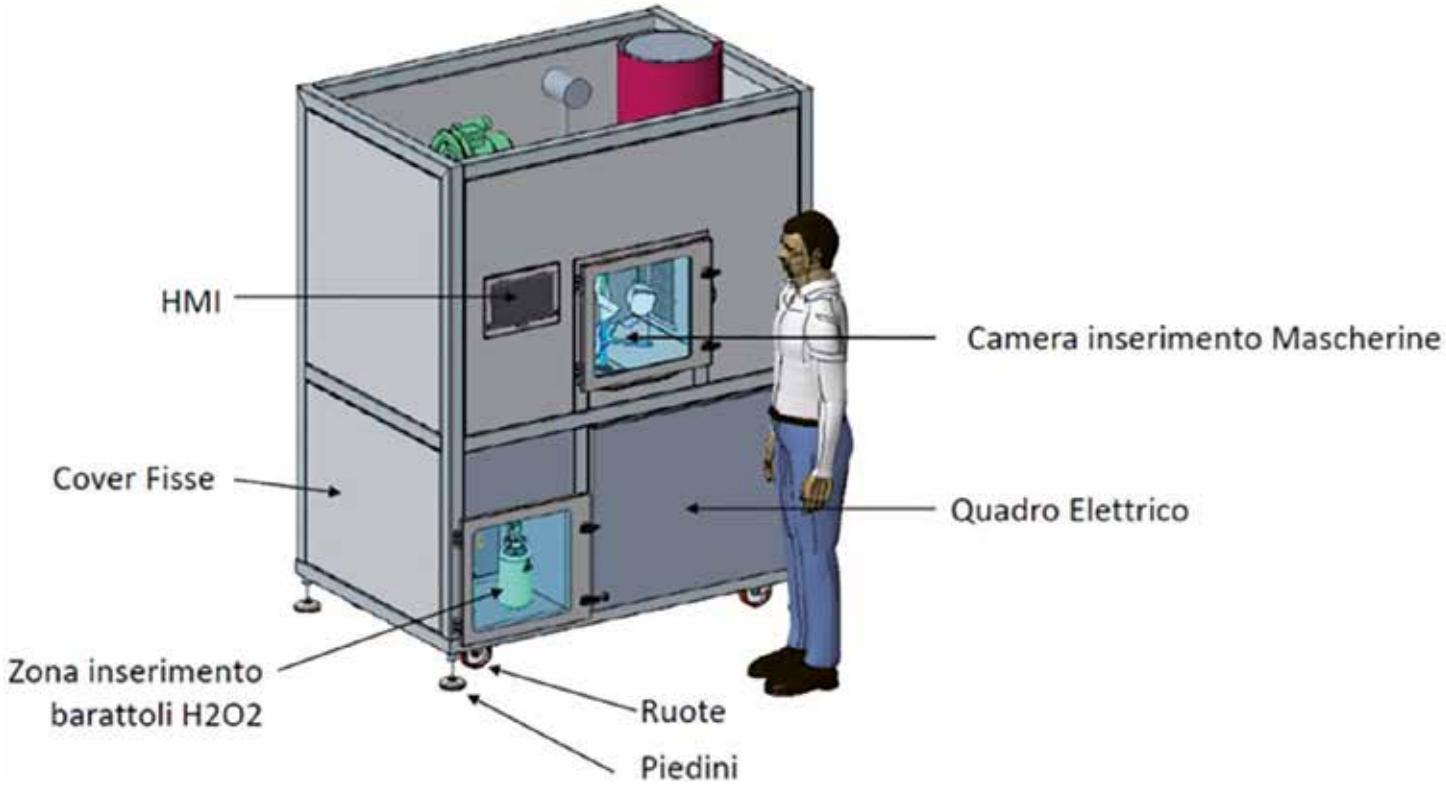
Il Sentiero International Campus

Il Sentiero International Campus è il centro di ricerca, accreditato ASTER, di Ecor International S.p.A., azienda nata nel 1976 specializzata nei processi di saldatura e nella lavorazione di tuberia, affermata come azienda di riferimento per la produzione di componenti ad elevata criticità funzionale in acciaio, alluminio, titanio e leghe speciali, storicamente orientata al settore delle macchine automatiche per il processing ed il confezionamento alimentare e farmaceutico, diversificandosi poi a nuovi settori, tra cui quello aerospaziale e della meccanica avanzata.

Il centro di ricerca *Il Sentiero International Campus* nasce dalla consapevolezza dell'azienda che l'innovazione rappresenti il valore strategico per incrementarne la competitività nei mercati attuali e futuri, perseguendo un modello industriale orientato alla ricerca industriale applicata. In particolare *Il Sentiero International Campus* opera nel campo dell'ingegneria delle superfici e dell'affidabilità, progettazione, manifattura additiva (stampa 3D) e tecnologie di giunzione, attività di caratterizzazione dei materiali, studiandone il loro comportamento tramite test specifici e con la progettazione, costruzione ed esercizio di banchi prova per test funzionali su componenti, sistemi e sottosistemi. Grazie all'integrazione delle attività di Ricerca e Sviluppo con l'attività produttiva, l'azienda offre prodotti e servizi avanzati e tecnologicamente innovativi.

Arte Light

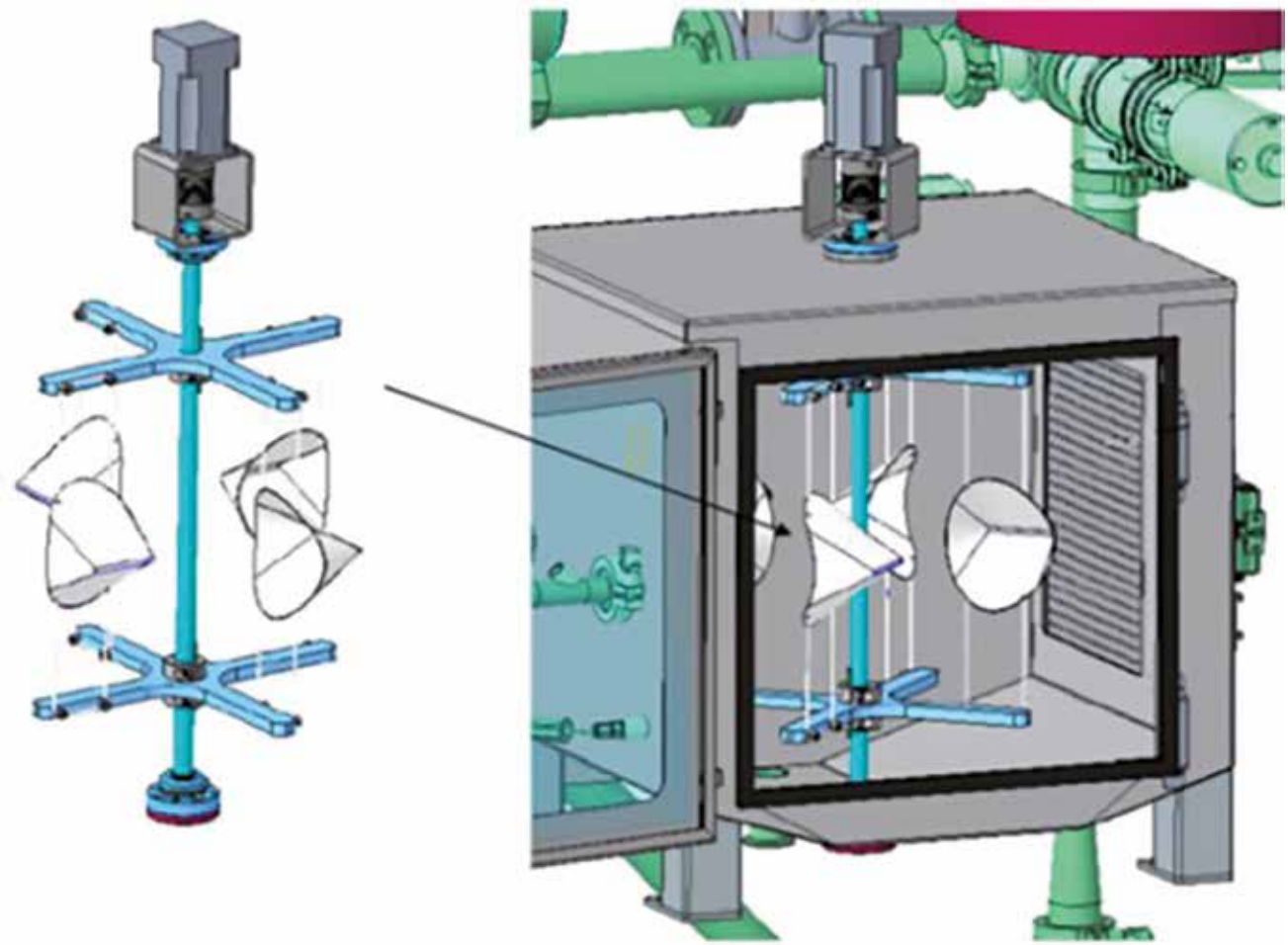
Arte Light S.r.l. è una azienda metalmeccanica, per la produzione di sistemi illuminanti, custom. Da sempre si è distinta per una cura del prodotto e nell'uso di avanzate tecnologie di produzione. Da diversi anni collabora con centri di ricerca e con università per lo sviluppo di applicazioni specifiche. Fin dal 2015 ha attivato un progetto in collaborazione con l'Università di Padova, (Dipartimento di Ingegneria Industriale) per progettare un foto-catalizzatore con luce ultravioletta allo scopo di pulire l'aria negli interni da contaminanti, fumi, odori, muffe, spore, batteri, pollini e virus. Con l'arrivo del virus COVID19, ha attivato un progetto per la produzione di un sistema di abbattimento della trasmissione del virus e della decontaminazione del virus dalle superfici, utensili, attrezzature, ecc. Ha sviluppato un sistema sperimentale con il progetto EcoDPI allo scopo del riuso di alcuni DPI, trattandoli con UVC. Lo studio ha messo a punto un sistema di sterilizzazione -sanificazione dei DPI da usare in caso di necessità, particolarmente utile nelle situazioni pandemiche che normalmente presentano carenze delle disponibilità di DPI. Il progetto è scalabile, consente di produrre apparecchiature ciclo sequenziale e a ciclo continuo. Le apparecchiature a ciclo continuo possono avere diverse capacita di dispositivi da trattare, grazie ed un sistema modulare a reattori multipli.

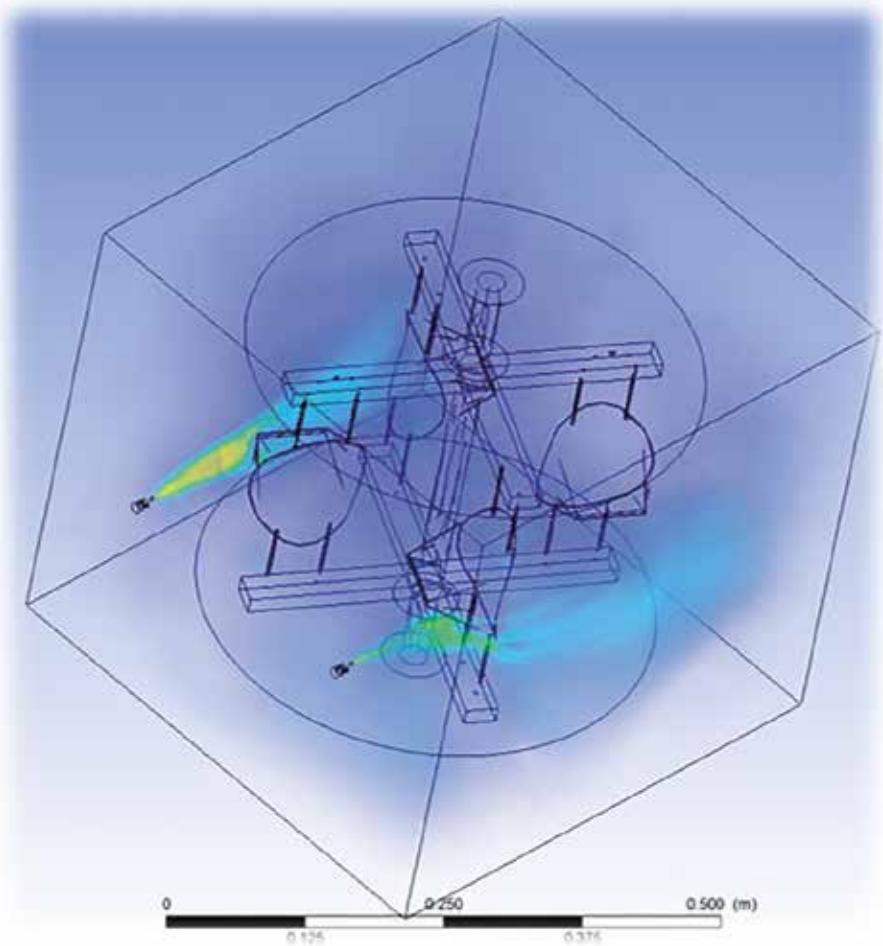


Il modulo principale è la camera che contiene i DPI: le mascherine sono posizionate simmetricamente su 360°, un motore dotato di riduttore le porta a velocità di rotazione controllata in modo da rendere uniforme il processo da entrambi i lati.

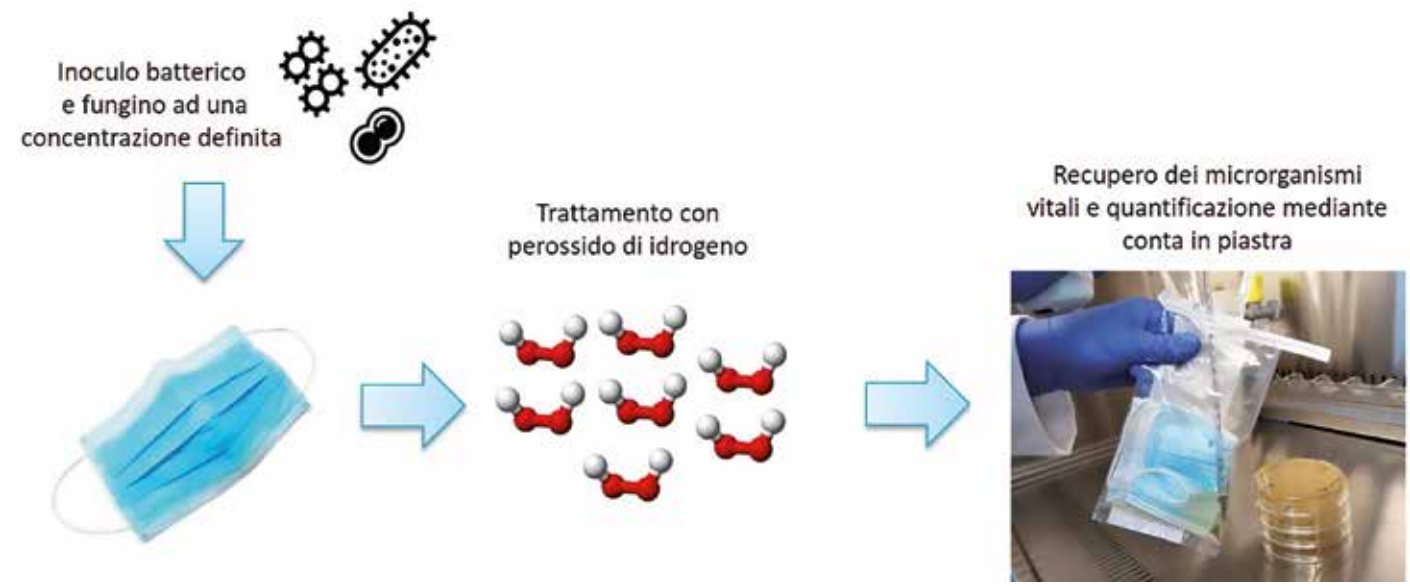
Parte integrante delle attività sperimentali è lo studio degli effetti dei trattamenti di decontaminazione sull'integrità dei materiali che costituiscono i DPI, eseguendo analisi della micro e macro-struttura dei DPI, attraverso ad esempio l'impiego della Microscopia Ottica e della Microscopia Elettronica, di test per la valutazione del mantenimento delle proprietà dei DPI, quali le caratteristiche meccaniche, la capacità di filtrazione, la corretta vestibilità. Accanto ai test sui materiali, sono progettati ed eseguiti test di validazione dell'efficacia dei trattamenti di sterilizzazione verso cariche microbiche.

I test di validazione dell'efficacia dei trattamenti di sterilizzazione, sono stati effettuati da *Chimicambiente* tramite la messa a punto di un protocollo che permette la valutazione in termini quantitativi dell'abbattimento della carica batterica e micetica, attraverso la contaminazione artificiale di ambienti confinati e la successiva analisi dell'aria pre e post trattamento di sanificazione, nonché a diverse tempistiche durante il processo stesso.
È infine prevista la validazione all'interno della rete di partner del Progetto EcoDIP dell'efficacia virucida dei sistemi sviluppati.
I risultati delle attività ci consentiranno di valutare i parametri di processo e le modalità di sterilizzazione, i cicli di trattamento ammissibili in dipendenza dei parametri adottati per l'inattivazione del virus COVID19, di definire metodologie per la misura delle prestazioni funzionali dei dispositivi post trattamento.





Si realizzano analisi fluidodinamiche per ottimizzare il processo e uniformare la distribuzione dell'aria+H_2O_2 in camera: in questo modo si incrementa la capacità del sistema di «fare avvolgere» le mascherine dal flusso d'aria sterilizzante.



Validazione azione del perossido. Contaminazione artificiale di DPI e valutazione pre e post trattamento, tramite analisi della carica microbica presente sul dispositivo.

Il Sentiero International Campus è coinvolto inoltre nella linea di ricerca dedicata ai **trattamenti superficiali dei DPI per il miglioramento del livello prestazionale dei dispositivi**, di cui è leader il Dipartimento di Scienze Molecolari e Nanosistemi dell'*Università di Venezia*. In particolare, *Il Sentiero International Campus* contribuisce con lo **sviluppo rivestimenti funzionali con proprietà antimicrobiche/antivirali**, ottenuti da processo di deposizione da fase vapore DC Magnetron Sputtering.
Supportati dai test di *Chimicambiente*, si vuole ottimizzare i parametri del processo di deposizione in funzione dell'efficacia del rivestimento.
Tali test infatti permettono di valutare l'efficacia antimicrobica dei diversi trattamenti tramite esecuzione di metodi normati (esempio ISO 20743), che *Chimicambiente* svolge con competenze decennali e sotto accreditamento ISO 17025. In particolare le prove sui DPI consentono di stimare l'attività nei confronti di diversi ceppi batterici, nonché di valutarne l'efficacia a diverse tempistiche di contatto tra materiale trattato e microrganismi (studi di cinetica).
Lo scopo generale delle attività previste in questa linea è quello di conferire una sorta di funzione di "autosterilizzazione" del dispositivo sfruttando alcune particolari proprietà dei materiali di inattivare il virus SARS-COV2. Questo consentirebbe soprattutto al personale esposto in ambienti ad elevata carica virale (quali i reparti ospedalieri) nelle zone più sensibili al contagio (naso, bocca, occhi) di ridurre il rischio grazie all'abbattimento della carica virale presente sulla superficie del dispositivo. Test di validazione misureranno l'efficacia dei trattamenti verso la resistenza a batteri, muffe, virus, idrorepellenza, permeabilità ai gas (CO_2, O_2), lavabilità, durata del trattamento