REGIONE TOSCANA
PR FESR 2021-2027
RICERCA E SVILUPPO PER LE IMPRESE ANCHE IN RAGGRUPPAMENTO CON ORGANISMI DI RICERCA
Bando RS2 2023

Domanda CUP ST 27717.29122023.043000524

CUP CIPE D17H24003330009 - COMISTRA SRL

CUP CIPE D37H24003020009 – LAIP SRL

CUP CIPE D47H24002190009 - FILATIOMEGA

CUP CIPE D47H24002200009 - PROGETTO LANA SRL

CUP CIP D37H24003440009 -Fondazione PIN – Polo di Prato Università di Firenze

Sviluppo di un processo innovAtivo per la sostenibilità del tessile riciclato Pratese in conformità alla Strategia Europea per i prOdotti tessili Sostenibili e circolari

APEOS

Partenariato

- Comistra srl – CAPOFILA
- FILATI OMEGA S.R.L.
- L.A.I.P. S.R.L.
- Fondazione Pin – Polo di Prato Università di Firenze
- Progetto Lana SRL

Durata Progetto Maggio 2025 -Marzo 2026

Costo complessivo Progetto: 353037 euro

Sintesi

Gli alchilfenoli etossilati sono un gruppo di composti chimici comunemente utilizzati come tensioattivi non ionici in una varietà di prodotti di consumo e industriali, tra cui detergenti e prodotti per il lavaggio di fibre tessili, in particolare del settore laniero. Tuttavia, negli ultimi anni, sono stati sollevati preoccupazioni riguardo ai loro effetti sulla salute umana e sull'ambiente. La situazione attuale evidenzia uno scenario problematico per il distretto pratese in quanto la normativa vigente prevede lo stesso valore limite per il contenuto di

APEOs sia in campioni di tessuto vergine che riciclato. Tali restrizioni hanno evidenziato problemi per il prodotto riciclato in quanto la presenza di tali sostanze oltre i limiti previsti da normativa è stata rilevata in tutti i campioni di tessuto. Il problema degli alchilfenoli etossilati ha attirato l'attenzione dei governi, degli organismi di regolamentazione, delle aziende e dei consumatori, spingendo verso una maggiore consapevolezza e azioni volte a ridurre l'uso di questi composti e mitigare i loro impatti negativi. Ed è proprio in questo contesto che si inseriscono le attività previste nel presente progetto. Il progetto si propone di affrontare e risolvere le problematiche emerse nel settore tessile pratese e che creano difficoltà al modello di economia circolare che da anni connota il distretto. Le aziende del settore stanno cercando alternative più ecocompatibili e sicure per risolvere il problema legato al limite normativo relativo agli APEOs nei loro processi di produzione. In particolare il progetto prevede lo studio della variabilità del contenuto di APEOs in campioni con tabella di composizione e colorazioni differenziati in singoli campioni di tessuto riciclato ed individuazione di sistemi idonei alla loro degradazione preliminarmente su scala di laboratorio per la definizione dei parametri corretti per la realizzazione di un impianto prototipale che impieghi ozono per tale scopo. L'ozono è un potente ossidante impiegato nella degradazione degli APEOs nelle acque reflue e che attualmente non è ancora stato impiegato per il trattamento di tessuti per valutarne gli effetti su tali campioni. Il progetto prevede proprio lo studio degli effetti di tale composto sugli APEOs legati alle fibre di tessuto e valutare se anche in tal caso, come per le acque reflue, sia in grado di reagire rapidamente con gli APEOs, degradandoli. In tal senso risulta di fondamentale importanza,non solo valutare l’efficacia di tale composto, ma anche mettere a punto un sistema prototipale che permetta il trattamento con ozono sui tessuti in modo sicuro e controllato. Ciò include la corretta progettazione del sistema, il monitoraggio della concentrazione di ozono e il rispetto delle normative ambientali e per la salute e sicurezza sul lavoro. Inoltre il progetto mira alla realizzazione di una piattaforma gestionale e un database per l’analisi degli impatti economici ed ambientali (sulle aziende del riciclo) del distretto tessile. Le attività svolte dai singoli partner risultano necessarie per il raggiungimento degli obiettivi progettuali. I partner aziendali del settore tessile COMISTRA, Progetto Lana e Filati Omega si occuperanno di effettuare prove di trattamento di lavaggio differenziati su singoli campioni di tessuto per la valutazione e il monitoraggio dell’adesione al tessuto degli APEOs. PIN si occuperà di effettuare test e prove di laboratorio per la messa a punto dei parametri di processo per la prototipazione dell’impianto per il trattamento dei tessuti. Ruolo dei partner del Progetto: COMISTRA, FILATI OMEGA e PROGETTO LANA sono coinvolti nel progetto per attività di R&S relativa al monitoraggio della presenza degli alchilfenoli etossilati (APEO’S) sugli scarti tessili destinati al riciclo e il supporto per la relativa messa a punto del processo di rimozione di tali composti. LAIP è coinvolta nel progetto in attività di R&S per la realizzazione ed applicazione di un impianto per la rimozione di APEOs sui tessuti da riciclo. PIN è coinvolto nell’attività progettuale per il raggiungimento di molteplici obiettivi soprattutto per ciò che concerne lo studio del comportamento degli APEOs legati al tessuto ed individuazione di sistemi idonei alla loro degradazione ed analisi degli impatti economici ed ambientali (sulle aziende del riciclo) del distretto tessile.

Obiettivi Operativi

Il progetto si articola in 4 Obiettivi Operativii

OO1 – Monitoraggio della presenza degli APEO'S negli scarti tessili destinati al riciclo

Rilevare, quantificare e monitorare la presenza di alchilfenoli etossilati (APEO's) nei tessuti destinati al riciclo, attraverso metodi analitici avanzati e sostenibili, sviluppando anche strumenti digitali per la gestione dei dati.

Attività principali:

- **1.1 Selezione campioni e analisi HPLC**
  - Raccolta di tessuti differenziati per composizione e colore.
  - Analisi HPLC degli APEO's e creazione di una **libreria digitale (APEOS-e)** con immagini e dati analitici.
  - Utilizzo di **visione artificiale** e **PCA** per ridurre variabilità e migliorare la rappresentatività dei dati.
- **1.2 Analisi di secondo livello (µ-LC/MS)**
  - Monitoraggio degli APEO's prima e dopo il contatto con liquidi biologici.
  - Uso di strumentazione µ-LC/MS portatile (green chemistry), ad alta produttività e automatizzata.
  - Riferimento alla norma UNI EN ISO 18254 e adattamento di un metodo scientifico già validato.
- **1.3 Studio del rilascio degli APEO's**
  - Test di rilascio simulando il contatto con liquidi biologici (saliva, sudore) secondo standard UNI/ISO.
  - Sviluppo di un dispositivo per la standardizzazione del contatto e raccolta del rilascio.
- **1.4 Sviluppo test ELISA di screening**
  - Ottimizzazione di un **sistema rapido ELISA** per il rilevamento degli APEO's come screening di primo livello.
  - Studio di apteni e anticorpi per test su striscia a secco, con confronto con µ-LC/MS.

OO2 – Studio del comportamento degli APEO'S legati ai tessuti e definizione di metodi di degradazione

Sviluppare e testare metodi efficaci e praticabili per la **rimozione o degradazione degli APEO's** dai tessuti destinati al riciclo, garantendo compatibilità con i processi industriali e qualità del materiale riciclato.

Attività principali:

- **2.1 Revisione e selezione dei metodi di trattamento**
  - Analisi comparativa dei trattamenti chimici/ossidativi esistenti (Fenton, ozono, UV, H_2O_2, ecc.).
  - Valutazione tecnico-economica e ambientale per selezione di **max 5 metodi** promettenti.
- **2.2 Allestimento sistemi a scala di laboratorio**
  - Realizzazione di **impianti di test** presso il laboratorio LIROMAN per prove sui tessuti selezionati.

    - Valutazione dei parametri operativi (dosaggi, tempi, prodotti secondari, consumo energetico).
- **2.3 Esecuzione test sperimentali**
    - Applicazione dei trattamenti ai tessuti.
    - Valutazione dell'efficacia di rimozione APEO's e degli **effetti su fibra, colore e qualità**.
    - Analisi di compatibilità con i processi industriali di riciclo.
- **2.4 Selezione del processo per scala reale**
    - Scelta del miglior processo per applicazione industriale.
    - Definizione delle **specifiche tecniche** per l'impianto prototipale da realizzare nel successivo OO3 (non incluso in questa sintesi).

OO3 – Realizzazione e applicazione di un impianto per la rimozione di APEOs sui tessuti da riciclo

L'obiettivo è progettare, testare e validare un impianto prototipale per l'eliminazione degli APEOs (alchilfenoli etossilati) dai tessuti riciclati, tramite un processo sicuro, efficace e industrialmente applicabile.

Attività principali:

- **3.1 Definizione del prototipo:**
    - Progettazione tecnica del macchinario prototipo
    - Scelta dei materiali, capacità, sistemi di dosaggio, dispositivi interni (es. miscelazione) e strumenti di controllo (pressione, temperatura, consumi, ecc.).
    - Configurazione prevista: autoclave fino a 5 kg di materiale con PLC e interfacce di sicurezza.
    - Possibilità di installazione presso una delle aziende partner.
- **3.2 Protocollo sperimentale:**
    - Stesura del piano sperimentale: variabili come dosaggio reagenti, tipo di tessuto, grado di sfilacciatura.
    - Monitoraggio: fluidi, energia, pressione, temperatura.
    - Applicazione di tecniche statistiche (regressioni, analisi delle componenti principali) per modellare l'efficacia del processo in funzione dei parametri operativi.
- **3.3 Esecuzione dei test:**
    - Conduzione di test in ambiente reale con diverse tipologie di tessuto.
    - Verifica dell'abbattimento APEOs mediante HPLC e metodi rapidi.

    - Collaborazione tra PIN, LAIP e aziende per risolvere eventuali problemi (logica PDCA: Plan–Do–Check–Act).
- **3.4 Analisi dei risultati:**
    - Valutazione dei test per migliorare efficacia e ottimizzare il processo.
    - Identificazione di modifiche tecniche o operative da implementare.
- **3.5 Protocollo operativo finale:**
    - Sintesi delle informazioni per definire un protocollo applicativo.
    - Aspetti trattati: costi, sicurezza, consumi, spazi richiesti, monitoraggio, integrazione nel ciclo di riciclo, qualità dei tessuti trattati.

OO4 – Analisi degli impatti economici e ambientali sulle aziende del riciclo del distretto tessile

Scopo: valutare benefici, costi e sostenibilità dell'introduzione del processo di rimozione APEOs nelle aziende del riciclo tessile.

Attività principali:

- **4.1 Analisi desk preliminare:**
    - Studio del contesto operativo e normativo delle aziende coinvolte.
    - Raccolta di dati storici e buone pratiche.
    - Monitoraggio legislativo (norme UE e nazionali).
- **4.2 Ottimizzazione della piattaforma dati:**
    - Creazione di un database (piattaforma) per raccogliere dati su materiali, processi e conformità normativa.
    - Raccolta e confronto delle analisi su APEOs (pregresse e attuali).
    - Integrazione con altri progetti (es. FLOWTEX).
- **4.3 Inventario dati LCA:**
    - Raccolta dettagliata di input/output (energia, materie prime, rifiuti).
    - Costruzione dell'inventario per analisi del ciclo di vita (Life Cycle Inventory).
- **4.4 Analisi LCA/LCC:**
    - Valutazione degli impatti ambientali (Life Cycle Assessment) e dei costi (Life Cycle Costing) del nuovo processo.
    - Obiettivo: migliorare efficienza economica e sostenibilità, fornendo strumenti decisionali alle aziende.