



REGIONE DEL VENETO



PR Veneto FESR 2021-2027

Obiettivo Specifico 1.1 “Sviluppare e rafforzare le capacità di ricerca e di innovazione e l’introduzione di tecnologie avanzate”

Azione 1.1.1 “Rafforzare la ricerca e l’innovazione (in collaborazione) tra imprese e organismi di ricerca”

Sub A “Rafforzare la ricerca e l’innovazione tra imprese e organismi di ricerca”

Bando per il finanziamento di progetti di ricerca e sviluppo realizzati dalle Reti Innovative Regionali e dai Distretti Industriali.

DGR n. 729 del 26 giugno 2024

“Tecnologie di recupero ad alta sostenibilità per la produzione di compositi intermetallici e minerali reattivi”
STILLMETALEVO



REGIONE DEL VENETO

STILLMETALEVO Il progetto

Il progetto di R&S denominato “**Tecnologie di recupero ad alta sostenibilità per la produzione di compositi intermetallici e minerali reattivi**” (acronimo **STILLMETALEVO**) si è posto l'obiettivo di sviluppare tecnologie innovative e sostenibili per il **recupero di materie prime critiche** quali Silicio metallico, Magnesio, Alluminio e Manganese da **rifiuti siderurgici**. Il progetto è un'iniziativa “**MULTI RIR**” che vede come capofila **GREEN TECH ITALY RDI**, rappresentante la **VENETO GREEN CLUSTER**, in collaborazione con **SINFONET - Smart & INnovative FOUNdry NETwork**, rappresentata dal **CONSORZIO SPRING**.

Il contesto di riferimento è la crescente importanza economica e il contemporaneo alto rischio di approvvigionamento delle materie prime critiche per l'Europa, elementi fondamentali per numerose attività industriali e per la transizione ecologica. In linea con il regolamento europeo sulle materie prime critiche, **STILLMETALEVO** mira a **valorizzare i rifiuti siderurgici** - come scorie di affinazione e fusione, terre esauste di fonderia e polveri di aspirazione - dimostrando la possibilità di recuperare materiali di interesse non solo per la siderurgia, ma anche per l'edilizia, la bioedilizia, la ceramica refrattaria e la bonifica ambientale. Attualmente, milioni di tonnellate di rifiuti siderurgici vengono smaltite in discarica solo nel Veneto, rappresentando un significativo problema ambientale ed economico.

Il progetto si è basato su una **stretta collaborazione** tra il mondo accademico (**Università degli Studi di Padova**) e **12 imprese** (5 di Sinfonet e 7 di Veneto Green Cluster), che coprono l'intera filiera: produttori di rifiuti (**FONDERIA ZANARDI SPA**, **FONDERIA POVOLARO SRL**), sviluppatori di processi di trattamento (**ZEROCENTO SRL**, **PROSERVICE SRL**, **PIGOZZO SYSTEM SRL**), utilizzatori dei materiali rigenerati (**ITALKER SRL**, **JOSEPH EGLI ITALIA SRL**, **TEV GROUP SRL**, **VILLAGA STRUTTURE SRL**, **FERRARI BK SRL**, **ALUSISTEMI SRL**) e un fornitore di servizi ambientali (**APLUS SRL**).

STILLMETALEVO ha previsto lo sviluppo di due principali **processi di trattamento**: • **Processo termomeccanico (PROSERVICE)**: Integra la rigenerazione delle terre di fonderia con il trattamento simultaneo delle polveri di aspirazione, migliorando l'efficienza energetica. • **Processo alluminio termico (ZEROCENTO)**: Innovativa tecnologia per il trattamento di scorie di fusione ad elevato valore aggiunto; può utilizzare come input anche gli output del processo termomeccanico. È previsto anche un processo di **pretrattamento dei rifiuti (PIGOZZO SYSTEM)** basato sulla compattazione a umido di polveri a reattività idraulica.

Dai processi di trattamento si otterranno diversi **output**: • **Silice rigenerata**, riutilizzabile in fonderia o come fonte di silicio per il processo alluminio termico. • **Minerali idraulicamente reattivi** (a base di argille calcinate o calcio-silico-alluminati), impiegabili nella produzione di leganti idraulici. • **Compositi intermetallici**, riutilizzabili nell'affinazione dell'acciaio e nella produzione di ghisa sferoidale. • **Calcio alluminati**, utilizzabili come flussanti in siderurgia o come minerali reattivi in ceramiche refrattarie.

Questi prodotti intermedi sono stati utilizzati dai partner per dimostrarne l'impiego come nuove materie prime per **prodotti finiti** in diversi settori: • Manufatti in composito cementizio e blocchi per la bioedilizia (**FERRARI BK**). • Manufatti in calcestruzzo strutturale (**VILLAGA STRUTTURE**). • Manufatti in calcestruzzo non strutturale per strutture fotovoltaiche (**ALUSISTEMI**). • Soluzioni per l'inertizzazione e stabilizzazione del suolo (**TEV Group**). • Soluzioni adsorbenti per il trattamento di acque contaminate (**JOSEPH EGLI**). • Manufatti in ceramica refrattaria (**ITALKER**). • Miscele inorganiche per la costruzione di strade (**ZEROCENTO**). • Manufatti in ghisa, anime e sistemi di formatura per fonderia (**FONDERIE ZANARDI E FONDERIE POVOLARO**).



Cofinanziato
dall'Unione europea



REGIONE DEL VENETO

Il progetto si inserisce nella **Strategia di Specializzazione Intelligente (S3) della Regione del Veneto 2014 - 2020** nell'ambito **"Smart Manufacturing"** e nelle traiettorie tecnologiche relative a processi innovativi di trattamento/riutilizzo di rifiuti industriali, nuovi macchinari e impianti per il risparmio energetico e materiali innovativi. È rilevante anche per **"Smart Living & Energy"** con traiettorie su soluzioni e materiali innovativi per il living, tecnologie per la progettazione e gestione degli edifici, rigenerazione urbana e tecnologie per il monitoraggio ambientale.

Il budget totale previsto per il progetto STILLMETALEVO è di **3.473.728,52 €**. Questa cifra è il risultato della somma delle previsioni di spesa per le diverse categorie nel corso dei semestri di attività del progetto.

Le principali categorie di spesa includono:

- **Spese di personale:** 1.826.105,00 €
- **Utilizzo di beni strumentali:** 62.857,24 €
- **Utilizzo di beni immobili:** 20.250,00 €
- **Consulenze tecniche e scientifiche:** 700.000,00 €
- **Costi di esercizio:** 678.571,43 €
- **Spese generali supplementari:** 185.944,85 €

Importo del sostegno pubblico concesso:

-Sovvenzione a fondo perduto: € 1.841.917,71

-Finanziamento agevolato: € 631.428,68

RELAZIONE TECNICO-SCIENTIFICA DEL RECUPERO DELLE TERRE DA FONDERIA CON LA TECNOLOGIA TERMOMECCANICA DI STILLMETALEVO

Programma: Bando PR FESR 2021-2027 – Regione del Veneto | Azione 1.1.4

Capofila: Green Tech Italy RDI (RIR Veneto Green Cluster)

In Sinergia con: RIR SINFONET (Consorzio Spring) e Università degli Studi di Padova (CIRCE e DII)

1. Quadro Normativo del Recupero Terre da Fonderia

Il settore fusorio europeo rappresenta un pilastro fondamentale dell'industria manifatturiera ed automobilistica, generando ogni anno oltre 6 milioni di tonnellate di rifiuti inorganici costituiti prevalentemente da terre esauste di fonderia e polveri di aspirazione dei reparti di formatura. La gestione tradizionale di questi scarti si è basata per decenni sul conferimento in discarica per rifiuti speciali non pericolosi, con costi gestionali ed ambientali progressivamente insostenibili alla luce delle nuove direttive dell'Unione Europea sull'Economia Circolare e della Direttiva sulle Emissioni Industriali (IED 2010/75/UE).

Nelle linee guida europee sulle Migliori Tecniche Disponibili per il settore delle fonderie (BAT Conclusions - Foundry Sector), il recupero delle terre da fonderia è disciplinato in modo stringente:

- **BAT 18 (Riutilizzo interno ed esterno della sabbia):** Prescrive l'adozione di tecniche di rigenerazione avanzate per massimizzare il recupero della frazione silicea ed azzerare la dipendenza da sabbie vergini da cava.
- **BAT 20 (Minimizzazione e valorizzazione degli scarti):** Promuove la trasformazione dei residui fini (polveri di abbattimento e frazione argillosa) in sottoprodotti o materie prime seconde per l'industria dei leganti e dei materiali da costruzione.

A livello europeo, la maggior parte degli impianti di rigenerazione esistenti opera esclusivamente per via meccanica. Tuttavia, la rigenerazione puramente meccanica presenta pesanti limiti tecnologici: non è in grado di rimuovere l'involucro di bentonite esausta e resina degradata che avvolge il grano di silice e genera una quota di scarto non recuperabile pari a circa il 10% in peso del materiale trattato, destinata inesorabilmente alla discarica. D'altro canto, i tradizionali processi termici generano un elevato consumo di gas naturale privo di sistemi di recupero energetico integrato, rendendo l'investimento economicamente svantaggioso per le piccole e medie fonderie.

SFIDA NORMATIVA E AMBIENTALE EUROPEA: *La sfida normativa e tecnologica europea risiede nel passaggio da una rigenerazione meccanica parziale ad un ciclo termomeccanico integrato 'Zero-Waste', in grado di disaggregare la frazione argillosa calcinata dalla silice e di riutilizzare entrambi i componenti secondo il principio di completa simbiosi industriale.*

2. Descrizione del Processo di Rigenerazione Termomeccanica PROSERVICE in STILLMETAL-EVO

Nel contesto del progetto STILLMETAL-EVO, l'azienda partner PROSERVICE S.r.l. ha progettato, realizzato e validato in ambiente industriale (passaggio dal TRL 4 al TRL 6) l'innovativo impianto di rigenerazione termomeccanica ad alta efficienza denominato **ProserviceTech RIGENERO SABBIE A VERDE 1.5 T/H**. Tale tecnologia supera radicalmente le criticità degli impianti convenzionali grazie ad una serie di innovazioni di processo e di architettura meccanica.

2.1 Schema di Flusso e Sotto-Sistemi dell'Impianto Proservice

L'impianto si sviluppa attraverso un ciclo di trattamento continuo integrato, strutturato nei seguenti blocchi operativi principali:

1. Alimentazione e Dosaggio Bimodale: La macchina è predisposta per processare contemporaneamente sia la terra esausta da formatura a verde, sia le polveri sottili catturate dai filtri di aspirazione dei reparti movimentazione terra. L'alimentazione avviene mediante una tramoggia di carico pesata e coclee di dosaggio a frequenza regolabile.

2. Forno di Calcinazione a Tamburo Rotante (~700°C): Il materiale entra nella camera di calcinazione dove viene sottoposto a trattamento termico ad una temperatura controllata compresa tra 600°C e 800°C (con set-point standard a 700°C). Tale temperatura garantisce la completa rimozione della componente organica e la disidratazione strutturale della bentonite esausta.

3. Scambiatore di Calore e Recupero Termico (BAT): I fumi caldi in uscita dalla camera di calcinazione vengono convogliati in uno scambiatore di calore aria/fumi che preriscalda l'aria comburente inviata al bruciatore. Questo dispositivo permette un recupero energetico di circa 300 kW per tonnellata di sabbia trattata.

4. Raffreddatore Modulare (Cooler) e Dry-Cooler: La sabbia calcinata uscente dal forno a 700°C viene inviata ad un raffreddatore ad aria/acqua in circuito chiuso che ne abbassa rapidamente la temperatura al di sotto dei 60°C (target operativo 50°C), rendendola idonea al successivo trattamento meccanico senza rischi di degrado o condense.

5. Scrubber Meccanico a Spazzolatura Grano-su-Grano: Rappresenta il cuore meccanico del brevetto Proservice. Attraverso la rotazione di pale speciali ad alta velocità, il materiale viene sottoposto ad una forte azione di strofinamento reciproco grano-su-grano. L'attrito stacca la pellicola di bentonite calcinata dal grano di quarzo ed arrotonda la superficie della sabbia.

6. Depolverazione e Separazione Densimetrica: Un flusso d'aria ad altissima precisione separa la frazione silicea pesante rigenerata (SSR) dalla frazione minerale fine fluttuante, che viene captata da un filtro a maniche e scaricata come Polvere di Argilla Calcinata (PAC).

2.2 L'Innovazione dell'Autosostenibilità Energetica Parziale

Uno degli elementi distintivi del processo Proservice sviluppato in STILLMETAL-EVO è lo sfruttamento del 'nero minerale' (carbon coke) intrinsecamente presente nelle terre di fonderia e, in concentrazioni

ancora più elevate, nelle polveri di aspirazione dei filtri. Durante la fase di calcinazione a 700°C, la frazione carboniosa prende fuoco e brucia in modo controllato, fornendo un apporto calorifico interno che riduce fino al 40% il consumo di gas metano di rete rispetto ai calcinatori tradizionali.

2.3 Automazione, Sicurezza e Normative ISO

L'impianto prototipale è gestito da un sistema di automazione avanzato basato su PLC Siemens S7-1200 e pannello touch screen HMI. I quadri elettrici di potenza (EP2) e comando (EP1), realizzati in conformità alla Direttiva Macchine 2006/42/CE, integrano sensori di depressione, sonde di temperatura ridondanti e valvole di blocco automatico rampa gas. La gestione operativa è condotta secondo una specifica Procedura Operativa (PO) integrata con i sistemi di gestione aziendali ISO 9001, ISO 14001 ed ISO 45001, inclusa la rigorosa applicazione della procedura di sicurezza LOTO (Lockout/Tagout).

3. Caratterizzazione e Prestazioni dei Materiali Recuperati

A differenza delle tecnologie tradizionali che generano un unico flusso di scarto o di sabbia parzialmente pulita, il processo termomeccanico Proservice produce due materie prime seconde ad altissima purezza e con specifiche caratteristiche chimico-fisiche, validate mediante analisi XRF, XRD e SEM presso l'Università degli Studi di Padova (CIRCE).

Parametro Chimico / Fisico	Sabbia Silicea Rigenerata (SSR)	Polvere Argilla Calcinata (PAC)
Granulometria d50 (µm)	200 µm (Sabbia da animisteria)	12 µm (Polvere impalpabile)
Composizione Chimica Principale	Biossido di Silicio (SiO ₂ ~ 95,0%)	Allumina (Al ₂ O ₃ ~ 28,0%) + SiO ₂
Perdita alla Calcinazione (LOI)	0,6% (sabbia a verde di partenza = 0,8%)	1,2% (residuo essiccato)
Bentonite Attiva Residua	0,0% (Totalmente assente)	Frazione argillosa deidratata/reattiva
Destinazione Industriale di Riuso	Animisteria Fonderia (Zanardi, Povolaro)	Leganti LC3 e Cemento (Ferrari BK)

3.1 Validazione Industriale della Sabbia Rigenerata (SSR)

Le prove sperimentali condotte dai partner industriali **Fonderia Zanardi S.p.A.** e **Fonderia di Povolaro S.r.l.** hanno dimostrato l'assoluta equivalenza prestazionale della sabbia rigenerata rispetto alla sabbia silicea vergine di cava. L'arrotondamento del grano ottenuto nello Scrubber Proservice riduce la superficie specifica, consentendo di diminuire fino al 20% il dosaggio delle resine chimiche d'animisteria



REGIONE DEL VENETO

(processi Cold-Box e Croning). Nello specifico, la formulazione sperimentale 'Ricetta R6' ha registrato un incremento del 15% nella resistenza a compressione dell'anima ed una riduzione dei costi di approvvigionamento di materia prima vergine pari al 22%.

3.2 Validazione dell'Argilla Calcinata (PAC) nell'Edilizia Sostenibile

La frazione minerale fine (PAC), ricca di metacaolino deidratato ed alluminosilicati reattivi, è stata impiegata come precursore pozzolanico dal partner **Ferrari BK S.r.l.** per la formulazione di cementi a ridotta impronta carbonica (LC3 - Limestone Calcined Clay Cement) e prodotti per la bioedilizia. Le prove hanno dimostrato la fattibilità tecnica della sostituzione parziale o totale del clinker, consentendo di produrre masselli autobloccanti per pavimentazioni e blocchi isolanti in lolla di riso mineralizzata a impatto zero.

4. Modellizzazione Finanziaria, Sostenibilità ed Impatto Ambientale

L'analisi di sostenibilità economica e finanziaria elaborata nel progetto conferma la piena redditività commerciale dell'impianto sviluppato da Proservice, sia come prodotto da vendere a terzi, sia come servizio di gestione del sottoprodotto.

4.1 Ricadute Economiche Dirette per PROSERVICE S.r.l.

A regime, la commercializzazione della tecnologia e dei servizi connessi stima per Proservice un nuovo fatturato annuo pari a **3.120.000 €/anno**, così suddiviso:

- **Vendita impianti termomeccanici:** 2 impianti/anno a 1.500.000 €/unità → 3.000.000 €/anno.
- **Servizio di gestione sottoprodotto:** 20 €/ton su 6.000 ton/anno gestite → 120.000 €/anno.

4.2 Business Plan per Impianto Industriale Tipo (Capacità 20.000 t/anno)

Voce Economico-Finanziaria (CAPEX Totale = 4.000.000 €)	Valore Annuo (€)
RICAVI TOTALI (Diritto conferimento 30€/t + Vendita sabbia 60€/t + Metalli)	1.710.000 €/anno
COSTI OPERATIVI (OPEX: Metano, energia, personale, manutenzioni 4%)	1.428.000 €/anno
MARGINE OPERATIVO LORDO (EBITDA Annuo)	282.000 €/anno
MARGINALITÀ EBITDA (% sui ricavi)	16,5 %
PERIODO DI PAYBACK DELL'INVESTIMENTO / TIR	9-10 anni / TIR = 9,2 %



4.3 Impatto Ambientale, Abbattimento CO₂ e Principio DNSH

- L'adozione della tecnologia Proservice garantisce il pieno rispetto del principio europeo **DNSH (Do No Significant Harm)** ai sensi del Regolamento UE 2020/852. L'impiego dell'argilla calcinata (PAC) in sostituzione del cemento Portland consente un abbattimento netto delle emissioni indirette di CO₂ compreso tra il **50% ed il 80%**. Inoltre, l'azzeramento del conferimento in discarica delle terre e delle polveri

CONCLUSIONI E PROSPETTIVE: *Il processo di rigenerazione termomeccanica Proservice dimostra che la valorizzazione integrale dei rifiuti di fonderia è tecnicamente ed economicamente matura, rappresentando una soluzione d'eccellenza per la transizione ecologica della metallurgia europea e veneta.*