



FONDAZIONE

MICS

Made in Italy Circolare e Sostenibile

Relazione d'Impatto



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

Indice

Lettera del Presidente
Lettera del Direttore Generale
Lettera della Presidente del Comitato Tecnico Scientifico

1. Introduzione

- 1.1 Chi siamo
- 1.2 Struttura del partenariato
- 1.3 La Relazione di impatto
- 1.4 Metodologia, strumenti e perimetro di analisi

2. L'impatto

- 2.1 Dichiarazione di impatto
- 2.2 La catena di impatto
- 2.3 I beneficiari del nostro impatto

3. Le aree di impatto MICS

- 3.1 Promuovere e accelerare la transizione circolare e la sostenibilità ambientale nel settore manifatturiero italiano
- 3.2 Generazione di capitale intellettuale, sviluppo sociale e della ricerca attraverso il partenariato
- 3.3 Innovazione digitale, ottimizzazione ed evoluzione dei processi manifatturieri e dei modelli di business

4. Valutazione dell'impatto

- 4.1 Indicatori di output
- 4.2 Indicatori di outcome
- 4.3 Analisi dei risultati

5. Alcuni highlights dei nostri progetti

6. Sintesi e visione futura

- 6.1 Sintesi valutativa
- 6.2 Evoluzione e obiettivi futuri

Lettera del Presidente

Ci sono momenti nella vita di un'organizzazione in cui è necessario fermarsi un istante, guardare il percorso compiuto e chiedersi quale traccia stiamo lasciando. La decisione di realizzare la prima Relazione di Impatto ESG di MICS nasce esattamente da questo bisogno: capire, raccontare e condividere il valore che generiamo, ogni giorno, insieme.

MICS è nato con un'ambizione grande: contribuire a costruire un Made in Italy più circolare, più sostenibile, più innovativo. Negli anni abbiamo fatto molta strada, sviluppando conoscenza, tecnologie, opportunità. Ma la conoscenza, da sola, non basta. Per essere davvero trasformativa deve diventare impatto: sulla competitività delle imprese, sulla ricerca, sulle persone, sui territori. Da qui la scelta di misurarci, con trasparenza e responsabilità.

Questa Relazione non è un semplice documento. È uno specchio in cui ci guardiamo per capire dove siamo arrivati e una bussola che ci aiuta a orientarci verso ciò che ancora possiamo realizzare. È il nostro modo per dire che crediamo in un modello di crescita che non si esaurisce nei risultati immediati, ma che punta a generare long-term value: valore che resiste, che evolve, che crea benefici condivisi e duraturi.

Raccontare l'impatto significa anche prendersi cura delle relazioni che rendono possibile il nostro lavoro. MICS è un ecosistema, fatto di ricercatori, imprese, istituzioni, giovani talenti. Ognuno porta un pezzo di futuro e insieme proviamo a costruirlo in modo più consapevole.

Questa Relazione è dedicata a tutti loro. E a chi crede, come noi, che la sostenibilità non sia una moda, ma un modo più maturo di stare nel mondo: più attento, più aperto, più capace di trasformare le sfide in opportunità. Il cammino da fare è ancora lungo, ma è un cammino che vogliamo percorrere con determinazione e con uno sguardo ampio. Misurare il nostro impatto ci permette di migliorare, di crescere, di essere all'altezza delle responsabilità che ci siamo scelti.

Il nostro ecosistema è fatto di persone, di alleanze, di professionalità altamente qualificate che ogni giorno contribuiscono alla missione di MICS. A loro dobbiamo molto. La costruzione di un futuro industriale più sostenibile non è il risultato di un singolo attore, ma di un lavoro collettivo che richiede coesione, metodo e visione. Con questa Relazione intendiamo ribadire il nostro impegno verso un modello di crescita che sia allo stesso

tempo competitivo, innovativo e responsabile. Continueremo a orientare le nostre scelte strategiche con la consapevolezza che l'impatto, quando misurato e condiviso, diventa un acceleratore di progresso.

Questa Relazione restituisce il senso di un lavoro collettivo, portato avanti con rigore, professionalità e visione da tutte le persone che operano all'interno di MICS e dalla comunità più ampia di partner scientifici e industriali che condividono con noi questa responsabilità. A loro va il mio ringraziamento, insieme alla convinzione che il percorso intrapreso — fondato su trasparenza, misurazione dell'impatto e orientamento strategico — rappresenti la strada più solida per garantire valore duraturo agli investimenti pubblici e per accompagnare il futuro del Made in Italy manifatturiero in una traiettoria di innovazione sostenibile e competitiva.



Marco Taisch
Presidente
Fondazione MICS

Lettera del Direttore Generale

La Relazione di Impatto ESG che presentiamo quest'anno rappresenta, per Fondazione MICS, un passaggio di maturazione ulteriore. Non è soltanto un documento di rendicontazione: è la dimostrazione concreta di come un'infrastruttura nazionale per l'innovazione possa generare valore sistemico per il Made in Italy manifatturiero, trasformando risorse pubbliche in sviluppo, competitività e progresso sostenibile.

Fin dalla sua nascita, MICS ha operato con una convinzione chiara: la gestione di fondi pubblici destinati alla ricerca e all'innovazione comporta una responsabilità profonda verso la collettività. Rendicontare non è mai stato un adempimento formale, ma un dovere sostanziale. La trasparenza è parte integrante del nostro modello operativo; il rigore metodologico, la correttezza procedurale e la tracciabilità delle decisioni rappresentano le condizioni imprescindibili per garantire credibilità, equità e fiducia nel tempo.

In questi anni, MICS ha trasformato investimenti pubblici in impatto concreto su più livelli. Sul piano scientifico, attraverso il finanziamento di progetti di ricerca avanzata e la creazione di nuovi laboratori universitari, abbiamo contribuito a rafforzare la capacità del sistema accademico di dialogare con l'industria, favorendo la contaminazione tra competenze e la crescita di capitale umano altamente qualificato. Sul piano industriale, abbiamo sostenuto lo sviluppo di soluzioni innovative capaci di rispondere ai bisogni reali delle imprese e delle filiere del Made in Italy, accompagnando l'evoluzione dei processi produttivi verso modelli più efficienti, tecnologicamente avanzati e sostenibili.

Particolare attenzione è stata rivolta alle PMI e alle startup, che rappresentano un elemento vitale e dinamico del manifatturiero italiano. In questo contesto si inserisce il Premio MICS per Startup, iniziativa che ha segnato un'evoluzione significativa nel nostro approccio all'innovazione. Il Premio nasce con l'obiettivo di individuare e valorizzare realtà imprenditoriali emergenti capaci di sviluppare soluzioni innovative coerenti con i principi della circolarità, della sostenibilità e della trasformazione tecnologica applicata al Made in Italy.

Non si tratta soltanto di sostenere nuove imprese, ma di costruire ponti tra innovazione emergente e manifattura tradizionale, rafforzando la capacità del Made in Italy di rinnovarsi senza perdere la propria identità. Il Premio MICS rappresenta dunque una manifestazione concreta della nostra visione: un ecosistema in cui

ricerca, startup e industria cooperano per generare valore condiviso e duraturo.

Tutto questo richiede una governance solida, strumenti di misurazione affidabili e una cultura dell'impatto che permei ogni fase dell'azione. La Relazione di Impatto ESG nasce dall'esigenza di offrire una lettura organica e verificabile dei risultati conseguiti: misurare non solo quanto è stato fatto, ma quale trasformazione è stata attivata nel sistema manifatturiero italiano. È un esercizio di responsabilità che rafforza la qualità delle decisioni e orienta le scelte strategiche future.

L'impatto che MICS intende generare non è immediato né episodico. È un impatto strutturale, costruito nel tempo attraverso investimenti nella ricerca applicata, nella valorizzazione delle competenze, nell'integrazione tra università e impresa e nel sostegno all'imprenditorialità innovativa. È un impatto che contribuisce a rafforzare la resilienza del sistema industriale italiano, a migliorarne la competitività internazionale e a consolidare il ruolo del Made in Italy come modello di produzione avanzata e sostenibile.



Roberto Merlo
Direttore Generale
Fondazione MICS

Lettera della Presidente del Comitato Tecnico Scientifico

La prima Relazione di Impatto di Fondazione MICS rappresenta un passaggio di maturazione scientifica e istituzionale particolarmente significativo. Non si tratta esclusivamente di una rendicontazione delle attività svolte, ma di un esercizio strutturato volto a rendere esplicito il legame tra produzione di conoscenza, sviluppo tecnologico e generazione di valore ambientale, sociale ed economico per il sistema manifatturiero italiano.

In un partenariato esteso e multidisciplinare come MICS, la qualità della ricerca non può essere disgiunta dalla qualità della misurazione. L'adozione della impact value chain ha consentito di ricostruire con rigore i nessi causali tra risorse attivate, attività realizzate, risultati conseguiti e trasformazioni generate. Questo approccio non risponde soltanto a un'esigenza metodologica, ma costituisce un elemento di governance: rendere verificabile il contributo della ricerca alla transizione ecologica e digitale del Made in Italy. Dal punto di vista ambientale (E), la Relazione documenta un avanzamento concreto nei materiali, nei processi e nei modelli di progettazione circolare. Prototipi validati sperimentalmente, nuove formulazioni, processi di recupero di materie prime critiche, strumenti LCA conformi agli standard, dimostrano che la ricerca ha generato soluzioni tecnicamente robuste e misurabili nei loro effetti in termini di riduzione delle emissioni, ottimizzazione delle risorse e chiusura dei cicli produttivi.

Sul piano sociale (S), il valore prodotto si manifesta nella generazione di capitale intellettuale e nel rafforzamento strutturale delle competenze. L'ampia partecipazione di ricercatori, giovani talenti e università, l'investimento in infrastrutture di laboratorio e la produzione scientifica di rilievo internazionale testimoniano la costruzione di un ecosistema della conoscenza stabile e interdisciplinare. In questo contesto, l'impatto non si limita alla creazione di output accademici, ma si traduce in capacità diffusa di innovare, trasferire competenze e accompagnare le filiere industriali in percorsi di trasformazione sostenibile.

La dimensione di governance (G) emerge nella capacità di integrare strumenti digitali avanzati – Digital Twin, Digital Thread, piattaforme data-driven – con metodologie di valutazione ambientale e modelli decisionali strutturati. La possibilità di anticipare scenari, misurare gli impatti già in fase progettuale e armonizzare indicatori tra progetti differenti rafforza la trasparenza e la qualità delle scelte strategiche, rendendo l'innovazione non solo più efficace, ma anche più responsabile.

La distinzione metodologica tra output e outcome, esplicitata nella Relazione, riflette una scelta di rigore. Gli output risultano oggi misurabili con precisione; gli outcome, per loro natura, richiedono tempi di consolidamento e livelli di armonizzazione ulteriori tra progetti con maturità tecnologiche differenti. Tuttavia, le evidenze già documentate – riduzioni significative di emissioni e rifiuti, attivazione di nuove filiere circolari, evoluzione delle pratiche industriali e diffusione sistematica di strumenti di valutazione – indicano con chiarezza una trasformazione in atto.

Questa Relazione dimostra che Fondazione MICS ha operato come un'infrastruttura scientifica capace di integrare ricerca, sperimentazione applicata e misurazione dell'impatto in un quadro coerente e verificabile. La solidità metodologica adottata non è un elemento accessorio, ma parte integrante della responsabilità verso il sistema produttivo, le istituzioni e la collettività.

L'innovazione, quando è fondata su evidenze scientifiche, validazione sperimentale e strumenti di misurazione trasparenti, diventa un fattore abilitante di sviluppo sostenibile. In questo senso, la Relazione di Impatto restituisce non solo la quantità delle attività realizzate, ma la qualità del contributo offerto alla costruzione di un Made in Italy più circolare e responsabile.



Bianca Maria Colosimo
Presidente Comitato
Tecnico Scientifico
Fondazione MICS

1. Introduzione

1.1 Chi siamo

Fondazione MICS è il Partenariato Esteso che promuove il Made in Italy Circolare e Sostenibile.

MICS è nato per accompagnare l'evoluzione del sistema manifatturiero italiano verso modelli rigenerativi, digitali e trasparente.

La missione di MICS è accelerare la transizione ecologica e digitale del manifatturiero italiano, operando attraverso un approccio concreto e misurabile.

In particolare, MICS si muove su tre fronti:

- MICS facilita l'innovazione, accompagnando imprese e filiere nell'adozione di modelli e tecnologie rigenerative.
- MICS crea connessioni, mettendo in rete aziende, centri di ricerca, istituzioni e territori.
- MICS definisce uno standard riconoscibile, per identificare chi davvero sceglie la sostenibilità come valore competitivo.

La visione di MICS è quella di costruire un sistema industriale **più intelligente, trasparente e resiliente**, insieme a tutti coloro che credono in una manifattura italiana sostenibile e innovativa.

1.2

Struttura del partenariato

Nel periodo di riferimento della presente Relazione di Impatto, la governance del Partenariato ha riflesso una visione aperta, collaborativa e orientata all'impatto.

In tale fase, MICS ha riunito **attori pubblici e privati, rappresentanti del mondo scientifico, industriale e istituzionale**, con l'obiettivo comune di guidare in modo consapevole la transizione del Made in Italy Circolare e Sostenibile.

Governance della Fondazione e del Programma di Ricerca

La Fondazione MICS, in qualità di soggetto attuatore incaricato dal Ministero dell'Università e della Ricerca nell'ambito del PNRR, opera attraverso una struttura di governance articolata, che riflette la natura istituzionale, scientifica e operativa del Partenariato.

Da un lato, la governance della Fondazione assicura il presidio strategico, amministrativo e di controllo. Essa è composta dal **Consiglio di Amministrazione (CdA)**, con funzioni di indirizzo e supervisione strategica, dall'Hub, responsabile del coordinamento operativo delle attività, e dal **Collegio Sindacale**, che vigila sulla correttezza amministrativa e contabile. Questa architettura garantisce trasparenza, accountability e coerenza nell'utilizzo delle risorse pubbliche e nella realizzazione degli obiettivi istituzionali della Fondazione.

Dall'altro lato, il Programma di Ricerca MICS – Made in Italy Circolare e Sostenibile, finanziato dal PNRR, è governato da una struttura tecnico-scientifica dedicata, che presidia i contenuti progettuali, il loro grado di avanzamento e la qualità scientifica delle attività.

In particolare, il Programma è coordinato attraverso:

il **Comitato Tecnico Scientifico (CTS)**, composto da rappresentanti dei partner pubblici e privati del Partenariato, con il compito di definire le linee scientifiche, gli indicatori di performance e garantire il coordinamento tra le diverse progettualità;

il **Comitato dei Coordinatori di Spoke**, che assicura l'integrazione operativa tra gli Spoke e il coordinamento delle attività di ricerca lungo le diverse filiere del Made in Italy.

Questa distinzione tra livelli di governance consente a MICS di operare in modo efficace su due piani complementari:

da un lato, quello istituzionale e gestionale della Fondazione, orientato alla responsabilità, alla trasparenza e alla corretta gestione delle risorse; dall'altro, quello scientifico e progettuale, focalizzato sulla produzione di conoscenza, sull'innovazione tecnologica e sulla generazione di impatto per il sistema manifatturiero italiano.

In questo equilibrio tra governance istituzionale e governance scientifica risiede uno degli elementi distintivi del modello MICS, capace di integrare rigore amministrativo e qualità della ricerca in un'unica infrastruttura nazionale per l'innovazione.

Per coordinare efficacemente questa comunità di partner e garantire coerenza nelle attività del Partenariato, in MICS è stata adottata una **struttura di governance** articolata, composta da team, comitati e organi direttivi che ne guidano le diverse dimensioni.

Partners Pubblici



Partners Privati



L'Hub è la struttura operativa incaricata di assicurare il funzionamento quotidiano di MICS, coordinando i processi, le attività di ricerca, la comunicazione e le relazioni con gli stakeholder.

È composto da un team multidisciplinare che integra competenze gestionali, scientifiche e comunicative:

Marco Taisch – Presidente MICS

Roberto Merlo – Program Research Manager e Direttore Generale

Omar Bellicini – Responsabile delle Relazioni Esterne

Enza Gioia – Responsabile Comunicazione, Marketing & Eventi

Martina Turrisi – Operations Manager

Il team scientifico, coordina i contenuti di ricerca, garantendo la qualità scientifica delle attività e supportando il dialogo continuo con tutti gli Spoke:

Bianca Maria Colosimo – Presidente Comitato Tecnico Scientifico

Elisa Negri – Coordinatore Scientifico

Giuseppe Lotti – Coordinatore Scientifico degli Spoke

Federica Acerbi – Coordinatore Contenuto Scientifico

Eva De Francesco – Project Manager

Anna Ettore – Project Manager

Andrea Invernizzi – Project Scientific Support & BaC Relation

Il Consiglio di Amministrazione

Il Consiglio di Amministrazione (CdA) è l'organo di governo della Fondazione.

Ha il compito di definire e approvare le linee strategiche e operative del Partenariato, monitorare il raggiungimento degli obiettivi e nominare il Comitato Tecnico Scientifico.

Membri del CdA, al 31.12.2025:

Soggetti Pubblici:

MUR, Regina De Alberti; **Politecnico di Torino**, Paolo Fino; **MIMIT**, Mario Gragnani; **Università degli Studi di Firenze**, Marco Pierini; **Università degli Studi di Napoli**, Antonio Lanzotti; **Università degli Studi di Palermo**, Onofrio Scialdone.

Soggetti Privati:

ITEMA, Ugo Ghilardi; **Leonardo**, Michele D'Urso; **Prima Additive**, Paolo Calefati; **SACMI IMOLA**, Fiorenzo Parrinello; **SCM**, Andrea Anesi; **Stazione Sperimentale Industria Pelli**, Edoardo Imperiale.

Nomina del Politecnico di Milano

Marco Taisch (Presidente)

Collegio Sindacale

Il Collegio Sindacale vigila sull'osservanza della legge, dello statuto e sulla corretta gestione amministrativa della Fondazione.

Membri:

- Francesco De Agostini
- Tiziano Sesana
- Diego Corrado

Il Comitato Tecnico Scientifico

Il Comitato Tecnico Scientifico (CTS) ha un rappresentante per ciascun partner MICS, pubblico o privato.

Svolge un ruolo centrale nella definizione della strategia scientifica del Partenariato.

È presieduto da **Bianca Maria Colosimo**, e include figure di riferimento scientifico e responsabili degli Spoke.

I membri del CTS: Antonino Albanese, Andrea Anesi, Leopoldo Angrisani, Massimo Annigoni, Pierluigi Barbaro (Referente Spoke 3), Daria Battini (Referente Spoke 8), Rocco Bennici, Federica Bondioli (Referente Spoke 6), Gildo Bosi, Andrea Camisani, Flaviano Celaschi (Referente Spoke 1), Luca Durante, Claudia Florio, Livan Fratini, Ilaria Giannoccaro (Referente Spoke 7), Lucia Grizzaffi, Romano Iazurlo, Giuseppe Lotti (Referente Spoke 2), Massimo Mecella, Elisa Negri, Carlo Panzeri, Gaetano Patrimia, Roberto Pinto, Domenico Ricchiuti, Emilio Sardini e Marco Taisch.

Il Comitato di coordinamento Spoke

I membri del Ccs: Flaviano Celaschi (Referente Spoke 1), Giuseppe Lotti (Referente Spoke 2), Pierluigi Barbaro (Referente Spoke 3), Domenico Caputo (Referente Spoke 4), Sergio Terzi (Referente Spoke 5), Federica Bondioli (Referente Spoke 6), Ilaria Giannoccaro (Referente Spoke 7), Daria Battini (Referente Spoke 8), Massimo Mecella (Membro invitato), Roberto Pinto (Membro invitato), Emilio Sardini (Membro invitato), Livan Fratini (Membro invitato).

1.3

La Relazione d'impatto

La Relazione d'Impatto rappresenta, per la prima volta, il documento attraverso il quale vengono rendicontate in maniera organica e strutturata le attività svolte e gli impatti generati dal Partenariato nell'ambito delle iniziative finanziate dal PNRR, realizzate nel periodo compreso tra il 1° gennaio 2023 e il 31 dicembre 2025. È il primo esercizio di questo tipo per la Fondazione, e nasce con l'obiettivo di raccontare in modo chiaro ciò che è stato fatto, quali risultati sono stati conseguiti e quale valore è stato creato per il sistema manifatturiero, per il mondo della ricerca e per i territori con cui collaboriamo.

È essenziale per MICS rafforzare la trasparenza, comunicare ufficialmente il contributo scientifico di MICS, tecnologico e sociale e fornire agli stakeholder uno strumento di lettura dell'avanzamento del Partenariato e del suo impatto complessivo.

La struttura del documento rispecchia la natura e le finalità di questo primo esercizio di rendicontazione.

Nella prima parte, viene presentata l'identità di MICS: la visione che guida MICS, la composizione del partenariato e i principi metodologici che orientano l'operato.

La seconda sezione costituisce il cuore della Relazione. Vengono rendicontati e valutati gli impatti generati in riferimento alle tre aree strategiche che definiscono la missione di MICS: la transizione circolare e la sostenibilità ambientale, la generazione di capitale intellettuale e sviluppo sociale, e l'innovazione digitale a supporto dei processi e dei modelli di business del manifatturiero.

La terza parte propone una sintesi valutativa dei risultati raggiunti finora, basata sui dati raccolti e sugli indicatori definiti per misurare l'efficacia delle azioni intraprese.

Infine, la quarta e ultima sezione è dedicata allo sguardo verso il futuro. Essendo il primo anno di pubblicazione di questa Relazione, risulta particolarmente importante evidenziare come MICS sia un sistema in evoluzione: molte attività, linee progettuali e modalità operative potranno essere rimodulate o ampliate negli anni a venire, per rispondere in modo sempre più efficace alle esigenze del Paese, dei partner e delle sfide tecnologiche e ambientali emergenti.



MICS

S

MICS

Made in Italy
Cincolane e Sostenibile

MICS

MICS

MICS

MICS

MICS

1.4

Metodologia, strumenti e perimetro di analisi

La metodologia adottata per valutare l'impatto delle attività di MICS si basa su un approccio integrato, pensato per garantire trasparenza, solidità scientifica e misurabilità dei risultati.

L'anno di rendicontazione di questa prima Relazione di Impatto è il 2025; tuttavia, una parte significativa dei dati e delle evidenze considerate riguarda progetti pluriennali, con durata biennale o triennale, sviluppati nell'ambito delle iniziative finanziate dal PNRR nel periodo compreso tra il 1° gennaio 2023 e il 31 dicembre 2025 e giunti a conclusione proprio nel 2025. Questo implica che l'analisi restituisce non solo una fotografia dell'ultimo anno, ma anche la sintesi di un percorso più ampio, che ha visto maturare attività, risultati e impatti distribuiti su un arco temporale esteso.

Per costruire il modello di valutazione, è stato fatto riferimento alla **impact value chain**, strumento approfondito nel capitolo 2, che ha consentito di esaminare in modo coerente tutte le fasi delle attività: dalle risorse impiegate agli output prodotti, fino agli outcome e agli impatti generati. In questo processo è stata valorizzata la dimensione collaborativa di MICS, analizzando il contributo congiunto di università, centri di ricerca e imprese coinvolte negli Spoke e nelle attività dell'Hub.

Le risorse attivate, ovvero competenze scientifiche, infrastrutture tecnologiche, reti di collaborazione, capacità gestionali e strumenti operativi, si traducono in attività concrete, quali ricerca avanzata, sperimentazione, trasferimento tecnologico, formazione e innovazione orientata alla circolarità. Da queste attività derivano risultati misurabili, come prototipi, pubblicazioni, dimostratori, nuovi modelli progettuali, competenze sviluppate e collaborazioni attivate.

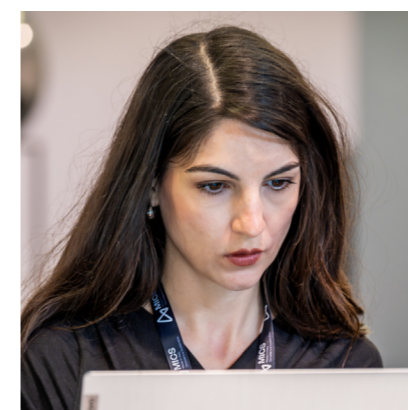
Questi risultati contribuiscono infine a generare cambiamenti più profondi nelle filiere industriali, nella comunità scientifica e nel sistema manifatturiero, favorendo un orientamento crescente alla sostenibilità, alla digitalizzazione e all'innovazione responsabile.

L'obiettivo della valutazione non è soltanto fornire una rendicontazione trasparente delle attività ad alto impatto, ma anche avviare un processo continuo di apprendimento interno. Ciò consente di migliorare progressivamente l'allineamento tra identità, strategia e impatto reale, rafforzando la capacità del Partenariato di generare valore per il sistema-Paese.

La raccolta dei dati ha integrato in modo sistematico le informazioni contenute nelle schede progetto elaborate dagli Spoke e dai team di ricerca. Questi documenti rappresentano la fonte primaria per la descrizione delle attività, la rilevazione dei risultati, la catalogazione degli indicatori tecnici e l'analisi dei KPI ricorrenti. L'utilizzo delle schede ci ha permesso di costruire una base informativa omogenea, confrontabile e aggregabile, indispensabile per una valutazione solida e trasversale dell'impatto.

L'analisi combina dati quantitativi e qualitativi ottenuti tramite documentazione progettuale, report scientifici, monitoraggi periodici e momenti di confronto con i partner. L'uso della impact value chain ci ha permesso di mettere in relazione risorse, attività, output e outcome, rendendo esplicita la catena causale che lega le iniziative del Partenariato agli impatti generati nelle tre aree strategiche di MICS.

La metodologia si ispira alle principali pratiche internazionali di valutazione dell'impatto e agli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDGs) dell'ONU, che offrono un quadro di riferimento solido per orientare l'azione verso una transizione equa, responsabile e misurabile.



Strumenti

Gli strumenti principali utilizzati nel processo valutativo comprendono:

- La impact value chain, per mappare input, attività, output e outcome;
- Le schede progetto degli Spoke, come fonte unificata dei dati scientifici, tecnici e gestionali;
- La struttura interna di coordinamento, che garantisce qualità, coerenza e omogeneità nella raccolta e nell'elaborazione delle informazioni.

Perimetro di analisi

Il perimetro della presente Relazione riguarda l'intera Fondazione MICS, incluse tutte le sedi operative di MICS e i progetti sviluppati all'interno degli Spoke e dell'Hub:

Sede legale

Piazza Leonardo da Vinci 32, 20133 Milano

Sede operativa

Via Copernico 38, 20125 Milano – Edificio C, Piano 1

Sede Sud

Corso Nicolangelo Protopisani 70, 80146 Napoli – Laboratorio Ricreami CESMA, Università degli Studi di Napoli Federico II

La valutazione include tutte le attività concluse o in corso nel perimetro della Fondazione nel 2025, con particolare attenzione ai progetti pluriennali che hanno raggiunto i loro risultati finali nell'anno di rendicontazione.

2.0 L'impatto

2.1 Dichiarazione di impatto

MICS è un partenariato nato dalla collaborazione tra università, centri di ricerca, imprese e istituzioni, con l'obiettivo comune di accompagnare il sistema manifatturiero italiano in un percorso di innovazione sostenibile. L'impegno di MICS non riguarda solo lo sviluppo di tecnologie avanzate, ma la creazione di valore per le persone, per le filiere produttive e per i territori coinvolti.

MICS considera la sostenibilità come un processo concreto, che richiede misurazione, ascolto e miglioramento continuo. Per questo vengono valutati in modo sistematico gli impatti delle attività, raccogliamo dati dai progetti, coinvolgiamo i partner e dialoghiamo con gli attori industriali che partecipano alle sperimentazioni e ai percorsi di ricerca.

Il modello di lavoro di MICS è collaborativo. Le decisioni nascono dal confronto tra gli organi di governance, dall'attività dell'Hub e dal contributo degli Spoke, che mettono a sistema competenze scientifiche e industriali complementari. Ogni progetto è il risultato di un lavoro condiviso, che unisce ricerca, sperimentazione e applicazioni pratiche per rispondere a esigenze reali delle filiere produttive.

Nel 2025 sono stati consolidati i risultati di diversi progetti pluriennali, sviluppando strumenti e soluzioni per ridurre gli impatti ambientali, migliorare l'efficienza dei processi, generare nuova conoscenza e favorire la diffusione di competenze tecniche avanzate. Dopo tre anni di attività, il Partenariato ha prodotto **oltre 1.200 pubblicazioni scientifiche**, più di **800 eventi di disseminazione**, **200+ prototipi sviluppati**, coinvolto **oltre 1.000 giovani talenti** e generato **18 brevetti**.

L'impatto di MICS è un percorso in evoluzione: ogni Spoke mantiene la propria specificità, ma opera in modo coordinato per contribuire a un obiettivo comune, quello di rendere il sistema manifatturiero italiano più sostenibile, digitale e resiliente. Questa dichiarazione di impatto rappresenta il modo con cui rendiamo trasparente questo percorso e testimoniamo l'importanza delle scelte che compiamo ogni giorno. Le aree di impatto sono qui brevemente descritte e nella Sezione 3 discusse più approfonditamente.

Le aree di impatto di MICS

Promuovere e accelerare la transizione circolare e la sostenibilità ambientale nel settore manifatturiero italiano



MICS pone al centro delle proprie attività la trasformazione del modo in cui vengono gestite le risorse fisiche e chimiche, promuovendo una cultura industriale fondata sull'efficienza e sulla responsabilità ambientale.

L'obiettivo è ridurre gli sprechi e l'impatto ambientale attraverso l'uso consapevole delle risorse naturali, la prevenzione dei rifiuti e la loro reintroduzione nei cicli produttivi mediante pratiche di riciclo e riutilizzo. In questa prospettiva, valorizziamo gli scarti industriali come materie prime seconde, e favoriamo lo sviluppo di processi chimici e produttivi a basso impatto. Attraverso la collaborazione tra ricerca, imprese e territori, con il partenariato viene promossa una nuova economia circolare capace di coniugare innovazione, competitività e tutela dell'ambiente.

Innovazione digitale, ottimizzazione ed evoluzione dei processi manifatturieri e dei modelli di business



Questa area di impatto si concentra sull'introduzione di tecnologie avanzate, come la manifattura additiva, l'intelligenza artificiale e i digital twin, e ne orienta l'adozione attraverso strategie di governance responsabile, capaci di connettere persone, processi e dati in modo trasparente e inclusivo.

L'obiettivo è guidare la transizione dell'industria manifatturiera del Made in Italy verso sistemi produttivi intelligenti, resilienti e human-centered, in cui la digitalizzazione diventa leva per il miglioramento continuo, la qualità del prodotto e la riduzione degli sprechi.

Attraverso la collaborazione tra imprese, università e istituzioni, MICS contribuisce alla diffusione di nuovi modelli di business e di decision-making sostenibile, fondati su dati condivisi, innovazione organizzativa e valorizzazione del capitale umano, rafforzando la competitività e la responsabilità del sistema produttivo nazionale.

Generazione di capitale intellettuale, sviluppo sociale e della ricerca attraverso il partenariato



MICS pone al centro delle proprie attività la produzione e la condivisione di conoscenze come motore della trasformazione sostenibile.

Questa area di impatto valorizza il ruolo del sistema accademico, scientifico e formativo nel generare nuove competenze, metodologie e soluzioni tecnologiche in grado di rafforzare la competitività del Made in Italy. Attraverso la cooperazione tra istituzioni, università, centri di ricerca, imprese, enti territoriali e cittadini, con MICS abilitiamo e accompagniamo la crescita di una comunità di ricerca aperta, etica e orientata all'impatto.

Le attività si concentrano sulla produzione di conoscenze verificabili, modelli, metodologie e dati, sull'avanzamento dello stato dell'arte tecnologico e sulla formazione di risorse umane altamente qualificate capaci di guidare la transizione digitale e circolare.

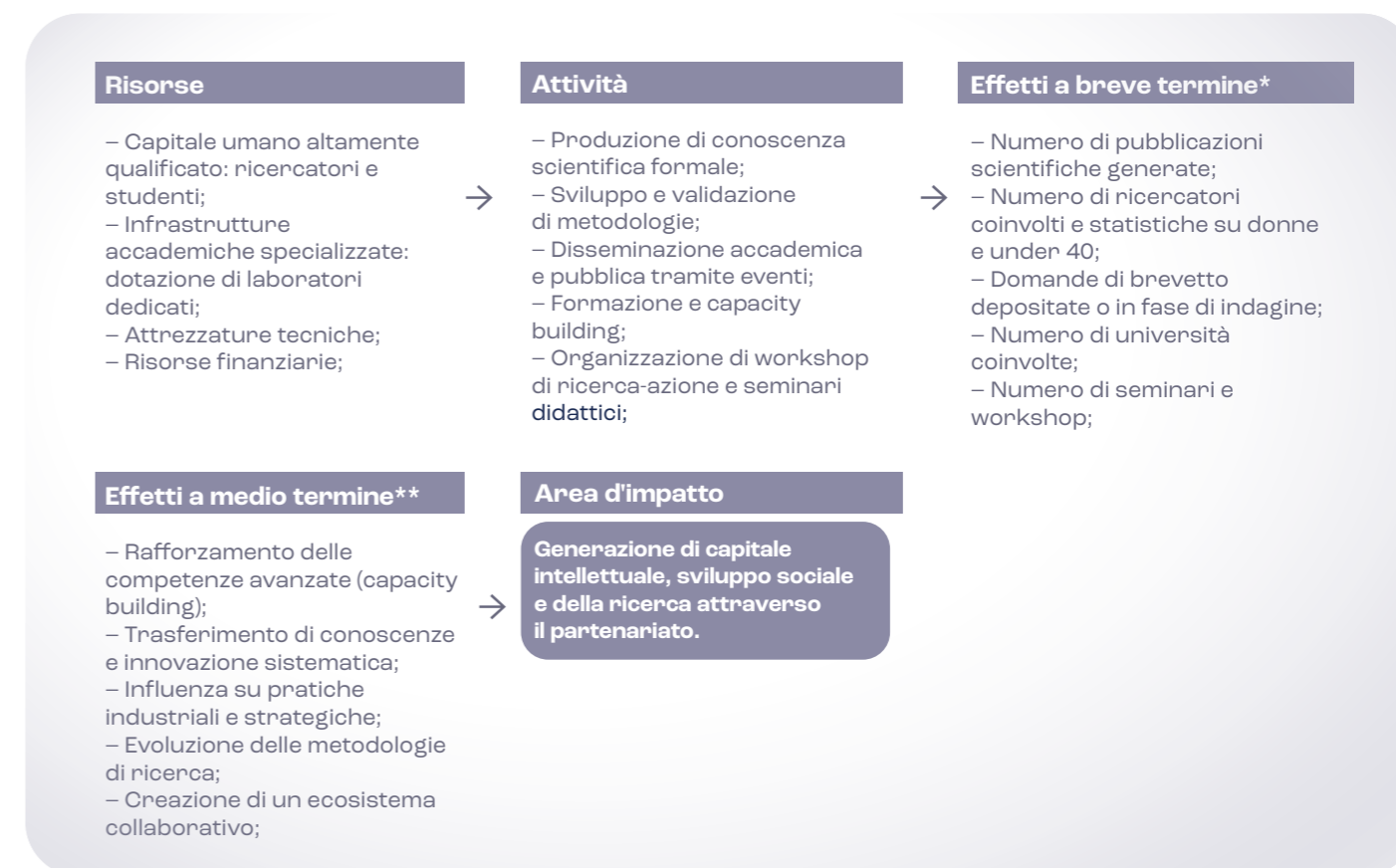


2.2

La catena di impatto

La **catena di impatto** rappresenta in modo chiaro e strutturato la strategia di impatto di MICS, evidenziando il legame tra le attività svolte dal Partenariato e gli effetti concreti generati nel tempo. Questo modello consente di comprendere come le risorse impiegate (input) si trasformino in attività e risultati immediati (output) e, successivamente, in cambiamenti più rilevanti e duraturi (outcome) per il sistema manifatturiero, per l'ambiente e per la società.

Si tratta di uno strumento fondamentale non solo per leggere e misurare in modo coerente l'impatto di MICS, ma anche per orientare il **miglioramento continuo**. La catena di impatto permette infatti di individuare ciò che funziona, le aree in cui è possibile intervenire con maggiore efficacia e le opportunità di innovazione responsabile. In sintesi, è una guida operativa che consente di crescere in coerenza con i propri obiettivi di sostenibilità, rigenerazione industriale e valorizzazione delle persone e dei territori coinvolti.



2.3

I beneficiari dell'impatto di MICS

Sono stati identificati con attenzione i **soggetti che traggono beneficio** dalle attività del Partenariato, sia in modo diretto sia indiretto. Le iniziative di MICS coinvolgono diverse categorie di stakeholder, che risentono degli effetti delle attività di ricerca, sperimentazione, trasferimento tecnologico e formazione sviluppate negli Spoke e coordinate dall'Hub.

La sostenibilità, per MICS, parte dalla consapevolezza che ogni risultato generato, un modello scientifico, un prototipo, una nuova competenza, un processo reso più efficiente, produce effetti che riguardano persone, organizzazioni e comunità. Per questo è importante riconoscere in modo chiaro chi beneficia del valore creato e come questo valore si distribuisce nel sistema manifatturiero e nella società.

In base alle tre aree di impatto del Partenariato, vengono definiti i principali beneficiari delle attività di MICS:

- **Imprese manifatturiere italiane:** PMI e grandi aziende che collaborano ai progetti o adottano le soluzioni sviluppate; progettisti, operatori e lavoratori coinvolti nei processi produttivi.
- **Ricercatori, università, centri di ricerca e istituzioni:** che accedono a nuove conoscenze, metodologie e opportunità di collaborazione scientifica.
- **Ambiente e territori:** che beneficiano della riduzione degli impatti ambientali, della valorizzazione delle risorse e dello sviluppo di filiere più circolari e responsabili.
- **Società nel suo complesso:** cittadini, consumatori e comunità che traggono beneficio, anche indirettamente, da modelli produttivi più sostenibili, da innovazioni che aumentano la qualità dei prodotti e da un sistema industriale più resiliente.
- **Generazioni future:** destinatarie ultime degli effetti positivi derivanti da scelte industriali più responsabili, dalla riduzione delle emissioni e dalla diffusione di competenze e tecnologie avanzate.

Questa mappatura, basata su una prima elaborazione degli obiettivi di impatto di MICS e sui dati raccolti all'interno delle progettualità, permette di comprendere in modo più preciso chi è raggiunto dalle attività di MICS e in che modo.



3.0 Le aree di impatto MICS

Le aree di impatto di MICS nascono dal lavoro integrato degli otto Spoke di MICS, i nodi attivi della rete di MICS. Attraverso questi Spoke vengono coordinate attività di ricerca e sviluppo lungo l'intera filiera della manifattura circolare e sostenibile.

In sintesi, gli otto Spoke di MICS sono:

- **Spoke 1, Design digitale avanzato:** tecnologie, processi e strumenti per integrare la circolarità nei processi di progettazione e sviluppo.
- **Spoke 2, Strategie di eco-design:** dai materiali ai sistemi prodotto-servizio, con un approccio “dalla culla alla culla” lungo tutto il ciclo di vita.
- **Spoke 3, Prodotti e materiali green:** sviluppo di materiali e prodotti sostenibili a partire da fonti non critiche, scarti e materie prime seconde.
- **Spoke 4, Materiali intelligenti e sostenibili:** soluzioni avanzate per prodotti e processi industriali circolari e aumentati.
- **Spoke 5, Fabbriche e processi a ciclo chiuso:** verso un nuovo concetto di fabbrica a zero scarti, inclusiva e a basso impatto.
- **Spoke 6, Manifattura additiva:** uso dell'Additive Manufacturing come tecnologia abilitante per prodotti leggeri, circolari e ad alte prestazioni.
- **Spoke 7, Modelli di business innovativi:** soluzioni orientate al consumatore per catene di approvvigionamento resilienti e circolari.
- **Spoke 8, Fabbrica digitale e dati:** progettazione e gestione della fabbrica attraverso l'Intelligenza Artificiale e approcci data-driven per processi produttivi e logistici sostenibili.

Nei paragrafi che seguono, viene descritto come le principali attività e i progetti sviluppati dagli Spoke si traducono in tre principali aree di impatto per MICS e in che modo queste aree contribuiscono, insieme, a ridisegnare il futuro del Made in Italy in chiave circolare e sostenibile.

3.1

Promuovere e accelerare la transizione circolare e la sostenibilità ambientale nel settore manifatturiero italiano

La catena di impatto rappresenta in modo chiaro e strutturato la strategia di impatto di MICS, evidenziando il legame tra le attività svolte dal Partenariato e gli effetti concreti generati nel tempo. Questo modello consente di comprendere come le risorse impiegate (input) si trasformino in attività e risultati immediati (output) e, successivamente, in cambiamenti più rilevanti e duraturi (outcome) per il sistema manifatturiero, per l'ambiente e per la società.

Si tratta di uno strumento fondamentale non solo per leggere e misurare in modo coerente l'impatto di MICS, ma anche per orientare il miglioramento continuo.

La catena di impatto permette infatti di individuare ciò che funziona, le aree in cui è possibile intervenire con maggiore efficacia e le opportunità di innovazione responsabile. In sintesi, è una guida operativa che consente di crescere in coerenza con i propri obiettivi di sostenibilità, rigenerazione industriale e valorizzazione delle persone e dei territori coinvolti.



MICS promuove e accelera la transizione circolare e la sostenibilità ambientale nel manifatturiero italiano intervenendo in modo sistematico su come le risorse vengono progettate, utilizzate, recuperate e reimmesse nei cicli produttivi. In questa area di impatto si lavora per cambiare radicalmente la gestione delle risorse fisiche e chimiche, ridurre la produzione di rifiuti attraverso prevenzione, riciclo e riutilizzo, e abbattere l'impronta di carbonio dei processi industriali. Lo facciamo sviluppando nuove formulazioni e materiali circolari, tecnologie per il riciclo e la valorizzazione degli scarti complessi, soluzioni di chimica verde e bioraffineria e strumenti avanzati di modellazione e valutazione ambientale (LCA).

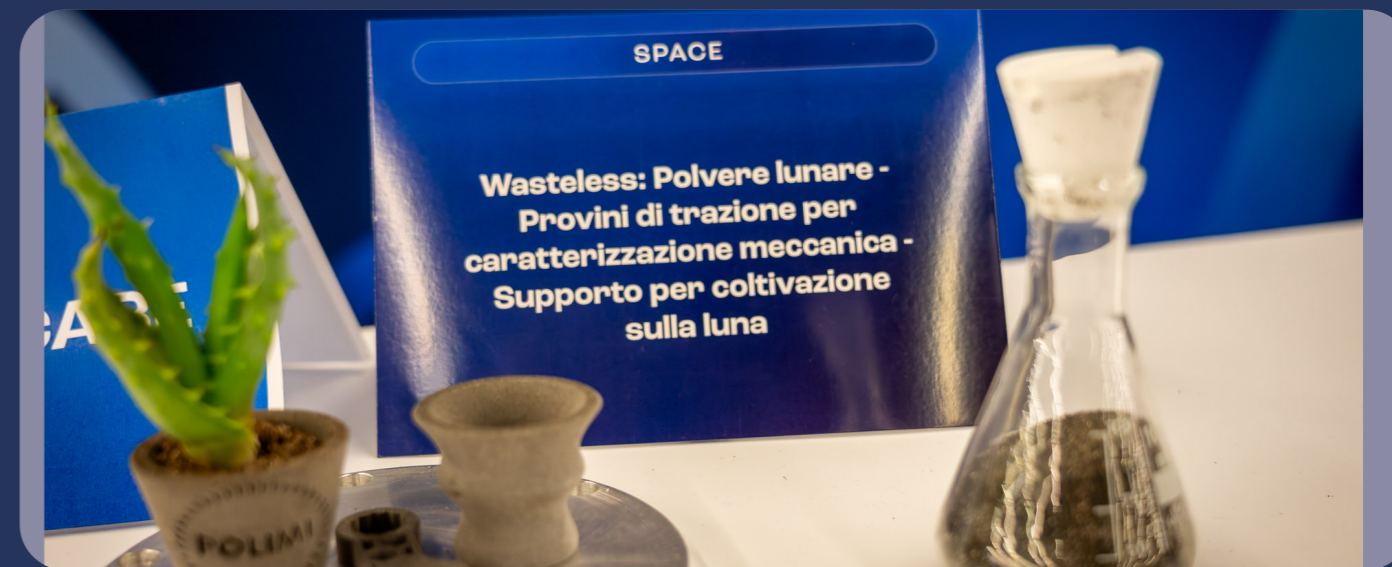
Una parte rilevante delle attività è dedicata a trasformare scarti e rifiuti in risorse per nuovi cicli produttivi. Il Partenariato si occupa di plastiche e polimeri difficili da riciclare, di scarti tessili e agro-industriali, di rifiuti minerali e da costruzione, di metalli e materie prime critiche. Sperimentiamo processi di riciclo meccanico e chimico per residui plastici eterogenei, piattaforme digitali per mappare e reindirizzare scarti tessili verso altri settori, protocolli di valorizzazione di fibre naturali e biomasse lignocellulosiche, tecnologie per il recupero di litio e altri metalli strategici da batterie e RAEE, soluzioni per riutilizzare trucioli metallici, manmettola, sabbie da fonderia e rifiuti da demolizione in nuovi materiali e componenti. Le analisi ambientali associate mostrano come la chiusura dei cicli possa ridurre significativamente l'impatto, fino a dimezzare le emissioni in alcuni casi di produzione di materiali secondari.



In parallelo, vengono sviluppati materiali sostenibili e processi di chimica verde per sostituire sostanze e tecnologie ad alto impatto. Vengono valorizzate biomasse non edibili e residui agro-industriali come alternativa al petrolio per ottenere plastiche, solventi e intermedi; vengono progettati nuovi processi conciarci e trattamenti tessili basati su molecole bio-based e sistemi acquosi; vengono studiati biocarbone da scarti lignei per defossilizzare i processi metallurgici. Allo stesso tempo vengono progettati componenti e prodotti eco-innovativi, dai componenti in titanio realizzati con manifattura additiva ottimizzata, ai veicoli leggeri in biocompositi, ai packaging alimentari a base bio, fino a soluzioni costruttive che eliminano colle tradizionali e integrano materiali riciclati.

Infine, viene integrata la circolarità già nelle fasi di ideazione e gestione dei prodotti e dei processi, unendo eco-design, modelli di business circolari e strumenti digitali. Vengono sviluppate metodologie per progettare sistemi prodotto-servizio orientati alla riparabilità e al prolungamento del ciclo di vita, piattaforme per valutare il livello di circolarità e riparabilità, soluzioni di arredo pensate come piattaforme modulari, approcci bio-ispirati al design for disassembly.

Vengono studiati e supportati modelli "as-a-service" e framework per il circular procurement, si lavora su modelli di simbiosi industriale e catene di fornitura circolari, e mettiamo a disposizione strumenti per misurare e ridurre gli impatti ambientali: ottimizzatori di processo e soluzioni AI-based per l'efficienza energetica e la riduzione degli scarti, tecnologie di trattamento e depurazione, materiali per la cattura di CO₂, strumenti LCA e piattaforme digitali per la tracciabilità e il matching tra attori diversi. In questo modo accompagniamo le imprese in un percorso concreto verso una manifattura più circolare, efficiente nell'uso delle risorse e compatibile con i limiti ambientali.



3.2

Generazione di capitale intellettuale, sviluppo sociale e della ricerca attraverso il partenariato



MICS genera capitale intellettuale e promuove sviluppo sociale e della ricerca mettendo al centro la produzione di conoscenza originale, verificabile e condivisibile. In questa area di impatto si lavora per sviluppare modelli, metodologie, dati e strumenti che guidino la transizione digitale, circolare e sostenibile delle filiere manifatturiere, facendo avanzare lo stato dell'arte tecnologico e formando nuove generazioni di ricercatori e professionisti altamente qualificati.

Il lavoro di MICS si fonda su un **dialogo costante con le istituzioni** – nazionali, regionali e locali, che non vengono considerati semplici destinatari, ma partner e co-creatori dei percorsi di cambiamento. I risultati dei progetti alimentano tavoli di confronto, linee guida e sperimentazioni congiunte, contribuendo alla definizione di politiche e strumenti per la transizione sostenibile del manifatturiero. Allo stesso tempo, MICS offre alle ricercatrici e ai ricercatori l'opportunità di portare avanti e consolidare il proprio progetto di ricerca all'interno di un contesto strutturato, con accesso a reti industriali, mentoring scientifico e occasioni di responsabilità su linee di ricerca originali. Con il **partenariato** finanziamo inoltre attrezzature e infrastrutture per i laboratori di ricerca, potenziando le capacità sperimentali delle università e dei centri coinvolti e creando condizioni abilitanti per una ricerca di frontiera.

La generazione di capitale intellettuale passa anche dalla **formazione** e dal **rafforzamento delle competenze**. Sono stati coinvolti centinaia di ricercatori, dottorandi e studenti in attività di ricerca, training e co-progettazione, creando percorsi di alta formazione e mentoring su temi come fashion-tech, manifattura sostenibile, design per lo spazio, economia circolare e supply chain avanzate. Sono state progettate piattaforme digitali per l'apprendimento continuo, contribuendo all'integrazione e al rafforzamento di corsi universitari e percorsi formativi specialistici, valorizzando e ampliando le competenze e gli sviluppi che MICS ha contribuito a generare. Parallelamente, sono stati attivati living lab, workshop e percorsi di ricerca-azione che coinvolgono amministrazioni locali, imprese, associazioni e comunità, generando anche impatti sociali in termini di empowerment, nuove competenze e opportunità di lavoro.

Il partenariato è anche un'infrastruttura stabile di **collaborazione** tra università, centri di ricerca, imprese, istituzioni e territori. Le attività di MICS hanno dato vita a reti multi-stakeholder e a laboratori condivisi, fisici e digitali, in cui si sperimentano tecnologie, si sviluppano prototipi e si testano nuovi processi e servizi. Makerspace, laboratori immersivi e laboratori di riparazione e riuso diventano luoghi in cui la ricerca si traduce in pratica e in cui si rafforzano i legami tra attori diversi, favorendo una progettazione congiunta di soluzioni e politiche per la transizione.



Tutto questo si traduce in una produzione scientifica e tecnologica ampia e qualificata, accompagnata da **eventi di disseminazione accademica e pubblica**: pubblicazioni su riviste e conferenze internazionali, workshop aperti, seminari con le imprese, incontri con stakeholder territoriali e momenti di confronto con il grande pubblico. A questi si affiancano brevetti e incrementi significativi dei livelli di maturità tecnologica delle soluzioni sviluppate, con tecnologie che avanzano dalle fasi iniziali di laboratorio a stadi più maturi, pronti per la sperimentazione in contesti industriali rilevanti. In questo modo, grazie a MICS, non solo si contribuisce al progresso della ricerca, ma si costruiscono ponti solidi tra conoscenza accademica, innovazione industriale, istituzioni e società, rafforzando il capitale intellettuale del sistema manifatturiero italiano nel lungo periodo.



3.3

Innovazione digitale, ottimizzazione ed evoluzione dei processi manifatturieri e dei modelli di business



MICS lavora per **accompagnare l'industria del Made in Italy** verso i paradigmi dell'**Industria 4.0 e 5.0**. L'obiettivo è duplice: da un lato aumentare efficienza operativa, qualità e flessibilità dei processi; dall'altro promuovere un approccio produttivo più sostenibile e centrato sulla persona, in cui le tecnologie digitali supportano il lavoro umano, la sicurezza e il benessere nei contesti industriali.

Vengono integrati nei processi produttivi tecnologie avanzate come la Manifattura Additiva, l'Intelligenza Artificiale, i Digital Twin, la sensoristica avanzata e le tecnologie immersive (XR).

L'uso integrato di Digital Twin, Intelligenza Artificiale e sensoristica consente di ottimizzare macchine, linee e ambienti di lavoro. Vengono progettati ambienti collaborativi in cui il concetto di Human Digital Twin permette di monitorare in modo non invasivo lo stato fisico e fisiologico degli operatori; vengono sviluppati modelli virtuali per macchine tessili e macchine utensili, algoritmi di orchestrazione in tempo reale e sistemi di manutenzione predittiva ed efficienza energetica basati su sensori reali e virtuali. Si lavora su robotica soft per la manipolazione delicata di prodotti fragili, su tecniche di hyperspectral imaging per il riconoscimento automatico di materiali complessi e su sensori stampati integrabili nei prodotti intelligenti.

Un altro pilastro riguarda le piattaforme digitali e la tracciabilità. Vengono progettate metodologie di Digital Thread orientate ai servizi per collegare i dati lungo l'intero ciclo di vita del prodotto, vengono sviluppati prototipi di piattaforme software basate su paradigmi Internet of Services e soluzioni di Digital Product/Battery Passport per garantire trasparenza e conformità normativa. Attraverso piattaforme come quelle per il packaging sostenibile, per la circolarità tessile o per il progetto e la simulazione in realtà virtuale abilitiamo co-design, eco-design e simbiosi industriale. In ambito comunicazione e valorizzazione, sperimentiamo strumenti XR e piattaforme di data visualization interattiva per raccontare in modo immersivo valori, dati e patrimonio del Made in Italy. Infine, viene sostenuta **l'evoluzione dei modelli di business e delle filiere**.



Vengono studiati e sperimentati modelli "as-a-service" nel machinery, l'evoluzione delle filiere complesse verso ecosistemi digitali collaborativi, le capacità trasformatrici necessarie per rendere le supply chain più circolari e resilienti, e le potenzialità della Digital Mass Customization per coniugare personalizzazione, sostenibilità e gestione efficiente delle risorse. Mettiamo a disposizione strumenti digitali per integrare la sostenibilità fin dalle prime fasi di progettazione, dal virtual prototyping tessile al design for repairability, e arriviamo fino a contesti estremi come lo spazio, dove testiamo modelli di living lab digitale per la progettazione di habitat e processi di recupero dei metalli in orbita. In questo modo trasformiamo il know-how manifatturiero tradizionale in asset digitali, piattaforme, modelli, algoritmi e nuove forme di collaborazione, che rafforzano la competitività del sistema produttivo italiano in una prospettiva di lungo periodo.



4.0 Valutazione dell'impatto



Nell'ambito delle metodologie per la misurazione dell'impatto, la **Teoria del Cambiamento (TDC)** rappresenta per **MICS** uno strumento essenziale per definire con chiarezza come e perché le attività di MICS generano valore per il sistema manifatturiero italiano.

Alla base di questo approccio si trova la **catena di impatto**, già presentata nei capitoli precedenti, che evidenzia i nessi causali tra le attività svolte e l'impatto che intendiamo generare.

In questa catena, gli **output**, ovvero i risultati immediati e tangibili delle attività, svolgono una funzione fondamentale: consentono di verificare che le azioni pianificate siano effettivamente in corso e che le risorse siano impiegate in modo corretto.

Attraverso la misurazione degli **outcome**, ovvero i cambiamenti e le trasformazioni che derivano dagli output nel medio periodo, è possibile poi valutare l'efficacia reale delle iniziative di MICS e comprendere lo stato di avanzamento verso gli obiettivi di transizione digitale, sostenibilità e circolarità che guidano il Partenariato.



4.1

Indicatori di output

Analizzare **gli output delle tre aree** di impatto consente di mostrare in che modo le attività MICS si traducono in risultati concreti già nel breve periodo, ponendo le basi per gli outcome e l'impatto di medio-lungo termine.

Area di impatto **“Promuovere e accelerare la transizione circolare e la sostenibilità ambientale nel settore manifatturiero italiano”**

Per quest'area di impatto gli output rendicontati sono:

- numero di prototipi sviluppati;
- numero di brevetti depositati o in sottomissione;
- numero di nuove formulazioni di materiali, processi o prodotti;
- numero di modelli, framework e set di indicatori per guidare la transizione circolare;
- numero di certificazioni, analisi di conformità e campagne di test di laboratorio.

Questi indicatori permettono di misurare in modo concreto la capacità dei progetti di generare soluzioni tecniche trasferibili, consolidare conoscenza metodologica e validare sperimentalmente l'efficacia ambientale e circolare delle innovazioni.

Sintesi quantitativa degli output	Valore minimo documentato
– Prototipi sviluppati	≥ 201
– Brevetti (depositati o in fase di sottomissione)	≥ 21
– Formulazioni sviluppate (miscele, ricette, leganti, catalizzatori)	≥ 19
– Modelli, framework e set di indicatori	≥ 41
– Certificazioni / analisi di conformità / campagne di test	Numerose campagne su materiali, processi e prototipi (valore non univocamente quantificato)

Prototipi sviluppati

I progetti hanno generato almeno 201 prototipi, che spaziano da materiali e componenti circolari a piattaforme digitali e apparati sperimentali, coprendo ambiti chiave come ceramica, tessile, arredo, edilizia, nautica, robotica e additive manufacturing.

Focus ambientale principale

- Piastrelle sostenibili, materiali riciclati, assenza di colle fossili
- Riciclo chimico di residui plastici e biopolimeri
- Design per la riparabilità e allungamento del ciclo di vita
- Materiali bio-based da scarti agroindustriali
- Riutilizzo di scarti lapidei (marmettola)
- Circolarità e I4.0 nel tessile/moda (linea pilota)
- Ottimizzazione energetica di macchine per il legno
- Design circolare per arredo imbottito
- Valorizzazione di scarti minerali e rifiuti complessi
- Soluzioni bio-ispirate (materiali leggeri, reversibili e smontabili)
- Concia sostenibile e trattamento delle acque reflue
- Produzione sostenibile di componenti in titanio (chemical etching green)
- Scarti di legno per design circolare
- Packaging smart e sostenibile (incl. piattaforma digitale)
- AM con materiali di scarto per edilizia
- Robotica soft con principi di sostenibilità ambientale
- AM per nautica sostenibile (riduzione scarti)
- Design circolare di velomobile (biocompositi, LCA)
- Tessili smart con funzionalizzazioni sostenibili
- Riciclo allo stato solido di scarti di alluminio
- Cuoio sostenibile, valorizzazione degli scarti conciari
- Recupero di fibre di carbonio da sfridi mediante taglio criogenico
- Prototipo di poltrona fonoassorbente da scarti tessili
- Piattaforma digitale per scarti tessili (prototipo digitale TRL 6)
- AM sostenibile a scarti zero

Numero di prototipi (D&S)

- 30
- ≥ 22
- 18
- 11
- 9 (1 prodotto, 8 materiali)
- 11
- 5
- 6
- 6
- 5
- 3
- 4
- 8
- 6
- 5
- 2
- 2
- 2
- 2
- 7
- 8 (nuovi concept & prototipi)
- 1
- 1
- 1
- 26

Totale

201

Brevetti generati (depositati o in sottomissione)

I progetti hanno portato alla generazione di almeno 21 brevetti (depositati o in corso di sottomissione), oltre ad ulteriori risultati brevettabili non ancora formalizzati:

Numero di brevetti	Note principali
1	Sistema di taglio criogenico per recupero sfridi di preimpregnati
1	Sistema di imbottitura auxetica per arredo circolare
4	Soluzioni per design per riparabilità e PSS circolari
5	Recupero sostenibile di metalli strategici da batterie al litio
1	Trattamento circolare di soluzioni saline di scarto
2	Metodo di valorizzazione dei rifiuti tessili con solventi eutettici
2	Modulo per stampa multimateriale LPBF
2	Progettazione data-driven e sensoristica sostenibile
1	Cella industriale riconfigurabile a minore impatto energetico
2	Avviata indagine brevettuale su 2 processi (in fase esplorativa)
≥ 21	Totale

Formulazioni sviluppate

L'area ha generato almeno 19 formulazioni esplicitamente quantificate, tra miscele di materiali, leganti e catalizzatori per soluzioni circolari e di chimica verde; il numero reale è più elevato, considerando molte formulazioni descritte ma non sempre numericamente conteggiate.

Tipo di formulazione	Numero di brevetti
Miscele contenenti scarti ceramici	12
Catalizzatore ottimale sviluppato	1
Miscele di biopolimeri + biofiller di scarto	5
Legante biobased (PES) per pannelli da scarti tessili	1
Totale	19

Modelli, framework e set di indicatori

I progetti hanno sviluppato almeno **41 modelli, framework metodologici e insieme di indicatori per misurare**, simulare e orientare la transizione circolare:

- **4 strumenti formativi e 4 modelli di design strategico** per guidare la transizione sostenibile (tra cui il Design for Sustainability Framework e il Design-based Training Model).
- **4 modelli di capacità trasformativa di filiera** (triggering, envisioning, navigating, stabilizing).
- **5 strumenti per gestione del rischio e modelli di business** (framework rischio CE, reti bayesiane, linee guida per business model sostenibili, ecc.).
- **4 set di indicatori/modelli macro-economici** (indice di backshoring, modello dinamico di filiera, indicatori GVC, meccanismo di coordinamento).
- **3 strumenti per valutazione dei materiali** (Tool A – bioraffineria, Tool B, metodologia multicriteriale, Tool C – sistema informativo BIM).
- **3 modelli/framework** (protocollo di valutazione della sostenibilità, framework PSS, set di 7 indicatori LCA/ economici/sociali).
- **4 modelli quantitativi prototipali per circolarità e LCA.**
- **2 modelli per Simbiosi Industriale** (modello concettuale driver/barriere; modello quantitativo per standardizzazione delle materie prime seconde).
- **2 framework per la gestione del Digital Thread.**
- **2 framework per servitizzazione e sostenibilità** (relazione tecnologie digitali/servizi/sostenibilità; modello di maturità MAAS).
- **2 strumenti** (modello MBSE e procedura LCA dedicata).
- **1 modello di riconoscimento gerarchico** (HSI/Chemimetria).
- **1 modello multi-agente per la filiera del packaging.**
- **Numerosi protocolli sperimentali, metodologie di eco-design e procedure LCA/ LCT conformi agli standard ISO.**

Questi strumenti costituiscono la base metodologica a supporto delle decisioni industriali del policy making e della misurazione dell'impatto.

Certificazioni, analisi di conformità e test di laboratorio

L'area ha condotto un numero molto elevato di **test di laboratorio, verifiche di conformità e applicazione di standard** su materiali, prototipi e processi, a supporto della validazione tecnico-scientifica.

a) **Analisi LCA/LCT conformi agli standard ISO 14040–44 in diversi progetti.**

b) **Standard specifici di settore (tessile, arredo, pelle)**

- Simbiosi Tessile-Arredo: misure di assorbimento acustico e resistenza al flusso secondo norme ISO (10534-2, 9053-1, 354).
- Test chimico-fisici e meccanici sulle pelli secondo norme UNI EN ISO (3377-2, 3376, 1164).
- Test antibatterici secondo protocollo ASTM e norme internazionali sulla durabilità ai lavaggi.

c) **Durabilità e qualità dei materiali**

- Analisi dei requisiti e delle certificazioni nei casi studio.
- Test chimico-fisici e mineralogici sugli scarti e verifiche di conformità normativa per materiali cementizi da marmettola.
- Analisi brevettuale a supporto dell'orientamento rispetto agli standard per l'economia circolare.

d) **Test su riciclo e rifiuti (plastiche, metalli, tessili)**

- Oltre 30 campioni di plastiche riciclate analizzati (FTIR, XRF, XRPD, SEM), test di migrazione e quantificazione PFAS.
- Caratterizzazione di 12 miscele con scarti ceramici (reologia, resistenza a compressione, analisi colorimetriche, porosità/assorbimento d'acqua).
- Prove sperimentali per definire i parametri ottimali di taglio criogenico e recupero delle fibre.
- Test su forni a microonde e a induzione per l'estrazione di metalli da black mass, con validazione dei bio-carboni tramite batterie coin-cell.

e) **Test su processi idrici e di concia**

- Prove di concia su scala pilota, test su reflui con riduzione media del COD di ~30% e sperimentazione di sensori per monitoraggio in continuo.
- Test di validazione dell'intera filiera circolare su soluzioni saline reali (NF, precipitazione $Mg(OH)_2$, EDBM, MD, RED) con densità di potenza netta ~4–5 W/m².

f) **Test su prototipi e sistemi**

- Test comparativi di compressione e prove con utenti tramite tappetino sensorizzato.
- Prove di buildability (stabilità fino a 37 strati) e prove meccaniche (compressione e flessione).
- Caratterizzazione metrologica di sensori stampati con protocolli standardizzati e piattaforme dedicate di lettura.

Area di impatto **“Generazione di capitale intellettuale, sviluppo sociale e della ricerca attraverso il partenariato”**

Per quest'area di impatto gli output rendicontati sono:

- **numero di pubblicazioni scientifiche generate**
- **numero di ricercatori coinvolti in totale e statistiche su donne e under 40;**
- **domande di brevetto depositate o in fase di indagine**
- **numero di università coinvolte;**
- **numero di attrezzature e infrastrutture acquistate con i fondi MICS;**
- **numero di seminari e workshop.**

Questi output descrivono la capacità del Partenariato di produrre nuova conoscenza, formare capitale umano qualificato e condividere risultati con comunità scientifica, imprese e società.

Indicatore di output	Valore minimo documentato
Pubblicazioni scientifiche generate	≥ 909
Ricercatori coinvolti	≥ 1.113
– di cui donne	≥ 425
– di cui under 40	≥ 448
Iniziative brevettuali (depositati, in sottomissione, potenziali)	≥ 30
Università / Politecnici coinvolti	≥ 14
Seminari, workshop ed eventi di disseminazione	≥ 810



Pubblicazioni scientifiche generate

Il numero complessivo di pubblicazioni (articoli su rivista, atti di conferenza, capitoli di libro, contributi in sottomissione) è di **almeno 909**.

Tipo di output	N. di pubblicazioni
Articoli e atti di conferenza	325
Conference paper, journal paper, book chapter, workshop paper	100
Pubblicazioni scientifiche su ML e risparmio energetico	85
Pubblicazioni su materiali bio-based e compositi circolari	80
Pubblicazioni su circolarità, I4.0 e tessile/moda	74
Conference paper e articoli su recupero metalli strategici	65
Pubblicazioni su stampa 4D e processi avanzati	63
Pubblicazioni peer-reviewed (riviste ISI)	60
Pubblicazioni su tessuti funzionali e sostenibilità	57
Totale	≥ 909

Ricercatori coinvolti, donne e under 40

L'area misura anche il capitale umano coinvolto nei progetti, con particolare attenzione all'equilibrio di genere e al ricambio generazionale.

Indicatore	Valore documentato	Nota
Ricercatori coinvolti (totale)	≥ 1.113	Include PO, PA, RTDa, PhD, BdR e figure tecniche/manageriali quando conteggiate
Ricercatrici (donne)	≥ 425	Alcuni progetti non riportano il dettaglio di genere
Under 40	≥ 448	Include dottorandi, post-doc, giovani ricercatori

Domande di brevetto e risultati brevettabili

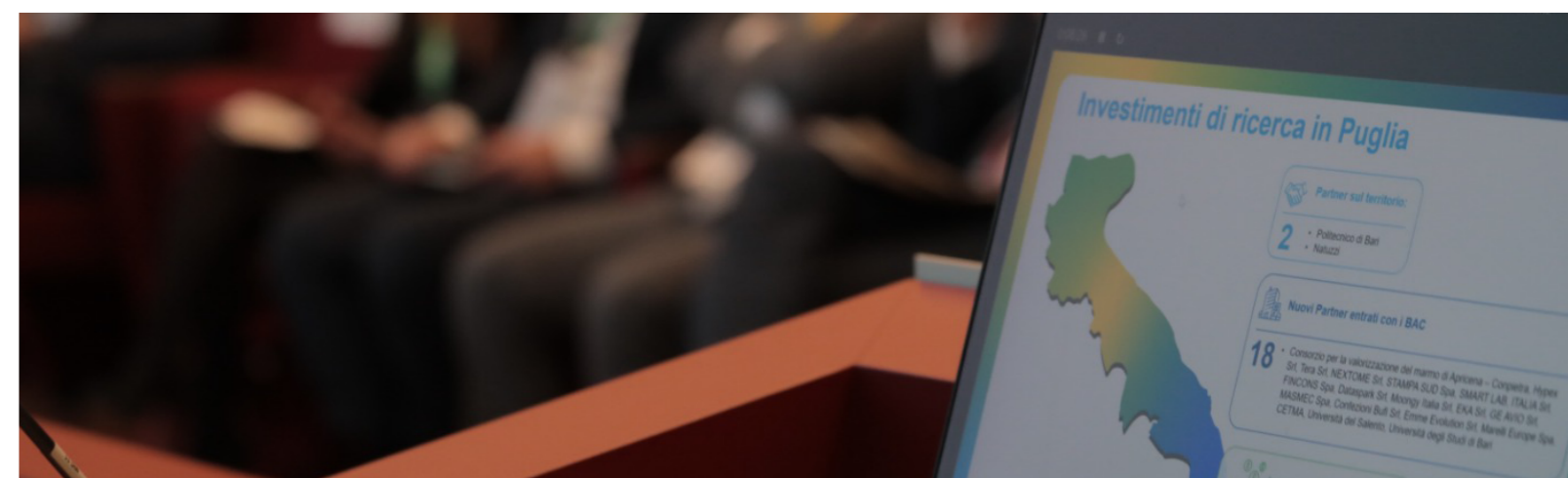
In questa area gli output brevettuali vengono letti come indicatori di capitalizzazione della ricerca e di potenziale trasferimento tecnologico verso le imprese. Il totale è di almeno 30 iniziative brevettuali (brevetti depositati, in sottomissione o risultati con forte potenziale di protezione).

Università e partner di ricerca coinvolti

Con il Partenariato sono stati coinvolti almeno **14 Università/Politecnici**, oltre a enti di ricerca e stazioni sperimentali, a testimonianza di un network ampio e interdisciplinare.

Tipologia di ente	Esempi principali
Politecnici	Politecnico di Milano, Politecnico di Torino, Politecnico di Bari
Università	Università di Firenze, Napoli Federico II, Bologna, Roma Sapienza, Padova, Brescia, Palermo, Bergamo
Enti di ricerca	CNR – Consiglio Nazionale delle Ricerche
Stazioni sperimentali	SSIP – Stazione Sperimentale per l'Industria delle Pelli
Totale istituzioni accademiche	≥ 14

Questa rete di partner supporta la circolazione della conoscenza tra territori, filiere e discipline diverse.



Numero di prototipi e dimostratori creati

Il numero totale di **prototipi, dimostratori, celle prototipali e PoC** sviluppati sui temi di digitalizzazione e ottimizzazione è 101. Si tratta sia di oggetti fisici sia di sistemi complessi (celle robotiche, dimostratori architettonici, digital twin, sistemi wearable, ecc.).

Tipo di prototipo / dimostratore

Unità di sensori stampati su diversi supporti
 5 sistemi-prodotto adattabili (es. Elis, Gillia, Nott, ecc.)
 Prototipi funzionali (micro-switch ottici, micro-gripper, cristalli fononici)
 Flusso di acquisizione, strumenti RelightLAB e SALA frame, archivi digitali
 Prototipi dimostrativi del Digital Thread
 Gioielli e complementi d'arredo in titanio
 Prodotti-servizi-sistemi per il legno-arredo
 PoC di macchina tessile con 3 sottosistemi (nastro, battuta, armatura)
 Celle collaborative uomo-robot (PoliMI e Camozzi Group)
 Dimostratori architettonici (panca curvilinea, sistema modulare)
 Sistemi di presa soft per manipolazione alimentare
 Indossabili intelligenti (manicotto e attuatore tessile)
 Piattaforma digitale interattiva + PoC di packaging
 Prototipo sperimentale di Human Digital Twin
 Prototipo per stampa 3D della regolite lunare
 Digital Twin del processo L-PBF
 Dimostratore di robot a cavi riconfigurabile
 Prototipo di poltrona fonoassorbente
 Forno a microonde per processi di recupero
 Dimostratore per il monitoraggio energetico
 Prototipo di Digital Battery Passport

N. prototipi

46
 7
 6
 4
 4
 4
 4
 4
 4
 3
 3
 3
 3
 2
 1
 1
 1
 1
 1
 1
 1
 1
 1

Numero di piattaforme e infrastrutture digitali elaborate

Sono state sviluppate almeno 19 piattaforme, architetture e infrastrutture digitali, a supporto di progettazione, tracciabilità, orchestrazione e sperimentazione.

Piattaforma / infrastruttura

Piattaforma digitale FuturE-Pack
 Architettura Space Digital Living Lab
 Piattaforma Digital Thread
 Atlante dei Valori
 Piattaforma Chatbot/AI per la selezione dei processi
 Digital Battery Passport (DBP)
 Piattaforma web EndToEndApproach
 Sistema informativo BIM (Tool C)
 Piattaforma digitale Crosstex
 FORWARD (Living) LAB
 Estensione piattaforma Kubernetes
 Sistema gestionale integrato ERP
 Piattaforma IoT per il monitoraggio energetico
 Dashboard di tracciabilità della filiera
 Piattaforma LCA digitale integrata
 Sistema di gestione dati per economia circolare
 Piattaforma collaborativa multi-stakeholder
 Infrastruttura cloud per simulazione di processo
 Piattaforma digitale per la certificazione ambientale

Descrizione sintetica

Strutturata in Observatory, Resources, Toolkit per il packaging sostenibile
 Architettura informativa per la piattaforma/dimostratore di living lab
 Prototipo software basato su paradigma Internet of Services
 Piattaforma dinamica per visualizzazione interattiva dei dati
 Supporto decisionale per processi e parametri di stampa
 Passaporto digitale su blockchain per batterie
 Supporto alla modellazione e gestione integrata dei processi
 Sistema informativo digitale per gestione dei materiali e dati di progetto
 Supporto ai distretti tessili per gestione degli scarti
 Infrastruttura di ricerca materiale/immateriale per il legno -arredo
 Nuove strategie di orchestrazione con requisiti energetici
 Raccolta e tracciabilità dei dati aziendali lungo la filiera moda
 Monitoraggio in tempo reale dei consumi energetici nei processi produttivi
 Visualizzazione e tracciamento dei flussi di materiale lungo la catena del valore
 Calcolo automatizzato del ciclo di vita dei prodotti e analisi degli impatti ambientali
 Raccolta e analisi dei dati sui flussi di materia seconda e riciclo
 Coordinamento digitale tra partner di progetto per la co-progettazione sostenibile
 Ambiente di calcolo distribuito per simulazioni avanzate di processo produttivo
 Supporto alla raccolta documentale e alla verifica dei requisiti di certificazione



Numero di prototipi e dimostratori creati

In quest'area sono stati prodotti almeno **82 modelli, metodologie e framework**, che possiamo leggere in due grandi gruppi:

- **Modelli digitali, di simulazione e Alt** (circa 35);
- **Framework e metodologie organizzative, strategiche e di design** (circa 47).

Tipo di modello / strumento digitale

Modelli di simulazione 3D e ambienti virtuali

Modelli di living lab digitali

Sensori virtuali

Modelli AI per serie temporali e previsione

Pipeline di elaborazione dati industriali

Modelli ML per AM

Modelli di Digital Twin di filiera

Simulazioni ad agenti

Framework per celle collaborative

Modelli AI per orchestrazione della produzione

Modelli di valore e comportamento utente

Modelli virtuali dinamici/vibrazionali

Criteri di progettazione meccatronica

Modello di gestione rischi di simbiosi industriale

Modello di riconoscimento gerarchico

Modelli AI per il controllo qualità

Modelli predittivi per manutenzione

Modelli di ottimizzazione energetica

Esempi principali

Modello per simulazione/visualizzazione 3D e ambiente spaziale

Modello di Space Digital Living Lab

Sistema Virtual Energy Sensing

State Space Models, Quantile Regression

Pipeline per dati AOI (ispezione ottica automatica)

Modello di machine learning per ottimizzazione L-PBF (Mat4Fashion)

Framework per Digital Twin della filiera Natuzzi

Modello di simulazione ad agenti per resilienza delle filiere circolari

Framework per progettazione ottimizzata di celle collaborative (DITECH)

Modello data-driven per orchestrazione e scheduling

Modello VABSA; modello UTAUT integrato

2 modelli virtuali dinamici e vibrazionali per macchina tessile

Set di criteri di progettazione meccatronica innovativa

Framework basato su ISO 31000 per rischi in Simbiosi Industriale

Modello H-SPACE (ipermaspettro + chemiometria)

Modello di visione artificiale per rilevamento difetti in produzione

Modello di manutenzione predittiva basato su dati sensoristici IoT

Modello AI per ottimizzazione dei consumi energetici nei processi produttivi

Reti neurali per caratterizzazione materiali

Modelli di NLP per analisi documentale

Digital Twin di prodotto

Modelli generativi per il design

Modelli di clustering per filiere

Modelli di ottimizzazione multi-obiettivo

Simulazione fluidodinamica computazionale

Modelli di reinforcement learning

Modelli AI per tracciabilità

Modelli di regressione per LCA

Modelli di anomaly detection

Modelli di simulazione termica

Modelli per robotica collaborativa

Modelli AI per economia circolare

Modello di deep learning per la classificazione di materiali riciclati

Modello di elaborazione del linguaggio naturale per analisi brevetti e letteratura tecnica

Modello di gemello digitale per simulazione del ciclo di vita del prodotto

Modello di AI generativa per la co-progettazione di prodotti sostenibili

Modello di clustering non supervisionato per segmentazione delle filiere produttive

Modello per ottimizzazione multi-obiettivo di parametri di processo

Modello CFD per simulazione di processi termici industriali

Modello RL per pianificazione adattiva della produzione

Modello basato su computer vision per tracciabilità dei materiali lungo la filiera

Modello di regressione per stima automatizzata degli impatti ambientali

Modello per rilevamento anomalie nei processi di manifattura additiva

Modello FEM per simulazione termica nei processi di sinterizzazione

Modello cinematico per pianificazione traiettorie in celle collaborative

Modello predittivo per stima del potenziale di recupero materia seconda

Framework e metodologie (≈ 47)

Qui rientrano framework di design, modelli strategici, toolkit, metodologie per la transizione sostenibile, modelli di business, ecc.

Tipo di modello / strumento digitale

Strumenti formativi/strategici

Modelli metodologici replicabili

Metodologie Digital Thread

Modelli di maturità e classificazione

Esempi principali

4 strumenti ECODeCK: ST Comp, DfS Framework, Design-based Training Model, Repository

4 approcci ECODeCK (iterativo, co-design, scenario building, stakeholder mapping)

1 metodologia Digital Thread orientata ai servizi

3 modelli di maturità + 2 framework per classificare piattaforme (Platformization of CoPS)



Modelli concettuali per CE/SM

Framework di transizione sostenibile

Capacità trasformativa di filiera

Modelli di business circolari

Metodologie di foresight

Modelli per Simbiosi Industriale

Metodologie per AM sostenibile

Metodologie per meta-strutture

Strumenti informativi e tassonomie

Framework per valutazione di circolarità

Metodologie di co-design sostenibile

Modelli di governance per la transizione

Toolkit per analisi dei flussi di materia

Metodologie di assessment ambientale

1 modello basato su Circular Economy Sustainable Manufacturing

2 framework concettuali (ACTAS: framework della transizione e modello di accompagnamento)

4 Supply Chain Transformative Capabilities (triggering, envisioning, navigating, stabilizing)

7 archetipi di modelli di business circolari

1 metodologia WISE (SFIDA) e 1 Strategic Foresight Toolkit

1 modello concettuale driver/barriere + 1 modello quantitativo per standardizzazione materie

Set di metodologie per produzione additiva sostenibile in titanio

1 metodologia di progettazione per meta-strutture (4D Printing)

Timeline interattiva, repository, tassonomia tecnico-storica (REPAIR PSS)

2 framework per la misurazione del grado di circolarità dei processi produttivi

2 metodologie partecipative per la co-progettazione di soluzioni circolari con stakeholder di filiera

1 modello di governance multi-livello per la gestione della transizione sostenibile

2 toolkit operativi per la mappatura e ottimizzazione dei flussi di materia nelle filiere

3 metodologie integrate per la valutazione degli impatti ambientali di processo e di prodotto

4.2 Indicatori di outcome

Promuovere e accelerare la transizione circolare e la sostenibilità ambientale nel settore manifatturiero italiano

Gli outcome identificati per questa area di impatto sono:

- **Riduzione della produzione di rifiuti;**
- **Riduzione delle emissioni di CO₂;**
- **Miglioramento della qualità dell'acqua;**
- **Creazione di filiere circolari.**

L'analisi degli outcome ambientali generati dai progetti MICS evidenzia come la transizione verso modelli produttivi più sostenibili sia già misurabile nei casi in cui è stato possibile quantificare gli effetti a medio termine. I risultati complessivi riportati derivano infatti esclusivamente dai progetti che, ad oggi, dispongono di metriche consolidate e valutazioni d'impatto già mature.

Tuttavia, la rendicontazione degli outcome già misurati consente di mostrare la direzione del cambiamento e l'efficacia delle soluzioni implementate.



Area di Outcome

Riduzione rifiuti

Riduzione CO₂

Qualità dell'acqua

Filiere circolari

Settori coinvolti

Batterie, Nautica, Tessile, Concia, Compositi, Packaging, Bioplastiche, Calzature, Automotive, Agro-alimentare

Edilizia, Metallurgia, Mobilità, Processi industriali, Chimica verde, Packaging, Tessile riciclato, Manifattura additiva

Concia, Lapideo, Metallurgia

Metallurgia/Legno, Alluminio, Plastica, Tessile, Agro-alimentare, Calzature, Packaging biodegradabile

Outcome Quantitativi Aggregati

Riduzione rifiuti dal 40% al 90%; recupero fino al 100% dei componenti con design for disassembly; 57.600 kg/anno di scarti termoplastici recuperati

Riduzione CO₂ dal 30% al 65%; -50% GWP nel riciclo poliammide vs vergine; -30% impronta carbonica nella riparazione compositi

Riduzione COD dal 30% al 70%
100% riciclo interno acqua nei fanghi lapidei

7 filiere circolari attivate o emergenti, tra cui scarti agro-industriali per arredo, riciclo poliammide tessile, film biodegradabili da scarti agricoli

Riduzione dei rifiuti

I progetti MICS combinano prevenzione, digitalizzazione e valorizzazione degli scarti. L'adozione dell'Additive Manufacturing in settori come nautica e ceramica elimina completamente gli stampi – tra i maggiori rifiuti industriali – e riduce fino al 45% il peso dei componenti, con minore uso di materiali vergini e meno rifiuti in fase di dismissione.

La digitalizzazione dei processi e il design per durabilità tagliano gli sfridi, mentre tecnologie avanzate permettono di:

- **Recuperare oltre il 90% dei metalli critici e della grafite dalle batterie esauste;**
- **Trasformare scarti tessili pre-consumo in pannelli per arredo e packaging;**
- **Recuperare fibre di carbonio da pre-preg di fascia alta;**
- **Valorizzare scarti conciari in nuovi materiali funzionali;**

Si passa così da un modello di smaltimento a uno di rigenerazione sistemica della materia.

Riduzione delle emissioni di CO₂

Le riduzioni più consistenti emergono dalla riprogettazione dei processi:

- **Nuove formulazioni cementizie con scarti ceramici riducono le emissioni oltre il 40% rispetto al Portland tradizionale;**
- **L' estrusione allo stato solido dell'alluminio consente fino al 60% di riduzione GWP rispetto alla fusione;**
- **Biocompositi per la mobilità leggera diminuiscono del 30% l'impronta carbonica dei veicoli;**
- **Il trattamento delle batterie con tecnologie a microonde riduce il fabbisogno energetico del 30%;**
- **Catalizzatori innovativi superano l'80% di selettività nella conversione della CO₂ in metano;**
- **Bio-monomeri e processi chimici a basse emissioni riducono la dipendenza dal petrolio.**

MICS dimostra che la decarbonizzazione passa dalla sostituzione dei materiali e dall'efficienza di processo, non solo dall'efficientamento energetico.

Miglioramento della qualità dell'acqua

I progetti abilitano il passaggio da depurazione → riciclo → riuso:

La digitalizzazione dei processi e il design per durabilità tagliano gli sfridi, mentre tecnologie avanzate permettono di:

- **L'impianto pilota H₂OxyTan riduce il COD dei reflui conciari fino al 70% e porta il cromo residuo sotto l'1%, rendendo possibile il riutilizzo interno dell'acqua;**
- **Nel comparto lapideo si raggiunge il 100% di riuso dell'acqua contenuta nei fanghi di segagione, chiudendo completamente il ciclo idrico;**
- **Nuove tecnologie a membrana e materiali fotocatalitici degradano inquinanti e recuperano metalli preziosi;**
- **Sistemi di desalinizzazione e valorizzazione delle brine recuperano sali ad alta purezza e acqua dolce evitando scarichi in mare;**
- **Barriere artificiali bio-ispirate favoriscono filtrazione naturale e rigenerazione degli ecosistemi costieri.**

Creazione di filiere circolari

La costruzione di ecosistemi circolari emerge come uno dei risultati più trasformativi:

- **Nell'arredo-tessile, scarti tessili sostituiscono il poliuretano espanso, generando prodotti certificati acusticamente;**
- **Nella metallurgia, trucioli di alluminio diventano fili metallici per stampa 3D, chiudendo il ciclo interno all'industria;**
- **BioMet crea un ponte tra scarti lignei, agroalimentari e metallurgia, con biocarbone che raggiunge il 95% di metallizzazione;**
- **Uove filiere basate su fibre naturali autoctone e scarti agroindustriali rendono scalabile l'uso di biomateriali;**
- **Strumenti digitali come il Digital Waste Passport e framework di Product-Service System supportano la governance della circolarità.**

Generazione di capitale intellettuale, sviluppo sociale e della ricerca attraverso il partenariato.

Gli outcome identificati per questa area di impatto sono:

- **Rafforzamento delle competenze avanzate** (capacity building);
- **Trasferimento di conoscenza e innovazione sistemica;**
- **Influenza su pratiche industriali e strategiche;**
- **Evoluzione delle metodologie di ricerca;**
- **Creazione di un ecosistema collaborativo.**

Questi outcome rappresentano gli impatti verso cui l'azione di MICS è orientata e che già iniziano a manifestarsi nei progetti più maturi. Si tratta di effetti trasversali – come il rafforzamento delle competenze, l'evoluzione dei modelli di ricerca, il trasferimento di conoscenza e la costruzione di ecosistemi collaborativi – che richiedono tempo per consolidarsi e diventare pienamente misurabili. Al momento, non è ancora possibile renderli in modo quantitativo ma ci impegniamo a strutturare nei prossimi anni un sistema di monitoraggio dedicato, che permetterà di misurare questi impatti in modo più sistematico, trasparente e comparabile.

Rafforzamento delle competenze avanzate (capacity building)

Nel corso del programma è stato investito in modo continuativo nel rafforzare le competenze di ricercatori, dottorandi, tecnici e imprese, attraverso attività di formazione, co-progettazione e sperimentazione congiunta ed è già evidente un effetto di medio termine: una parte crescente degli attori coinvolti integra stabilmente temi come eco-design, LCA, simbiosi industriale e digitalizzazione dei processi nei propri strumenti di lavoro quotidiani.

Trasferimento di conoscenza e innovazione sistemica

I progetti generano **metodi, linee guida, toolkit e piattaforme digitali** che facilitano il trasferimento di conoscenza lungo le filiere. Sono state avviato il monitoraggio di questi strumenti (adozione da parte di aziende partner, utilizzo in altri progetti, citazioni), ma già oggi è possibile osservare che molte soluzioni MICS vengono riutilizzate in contesti diversi da quelli di origine, segno di un'innovazione che si muove a livello sistemico e non solo puntuale.

Influenza su pratiche industriali e strategiche

In diversi casi le imprese coinvolte hanno iniziato a **modificare processi, specifiche di prodotto e priorità strategiche** a partire dalle evidenze generate dai progetti (es. introduzione di materiali riciclati, sperimentazione di cicli chiusi, revisione dei criteri di fornitura). Stiamo strutturando un sistema di rilevazione più robusto (numero di modifiche di processo/prodotto, nuovi investimenti attivati, linee pilota industriali), ma possiamo già documentare numerosi casi in cui le pratiche industriali sono state orientate verso una maggiore circolarità proprio grazie ai risultati MICS.

Evoluzione delle metodologie di ricerca

MICS sta contribuendo anche a **trasformare il modo in cui viene condotta la ricerca**: diversi progetti hanno reso possibile lo sviluppo e la sperimentazione di nuove metodologie. L'obiettivo è quello di arrivare a una rendicontazione strutturata del numero di metodi e strumenti validati e riutilizzati.

Creazione di un ecosistema collaborativo

Infine, uno dei risultati più rilevanti è la costruzione di un **ecosistema collaborativo stabile** che mette in relazione università, centri di ricerca, imprese, territori e istituzioni.

Complessivamente con MICS MICS sta generando capitale intellettuale in modo vivo: non come semplice accumulo di conoscenze, ma come **capacità collettiva di affrontare problemi complessi** mettendo in relazione persone, competenze e contesti che di solito viaggiano su binari paralleli. Il partenariato è diventato così un acceleratore di sviluppo sociale e della ricerca: ricercatrici e ricercatori, imprese, tecnici, studenti e istituzioni imparano a **parlare un linguaggio comune**, a condividere metodi e priorità, e a trasformare evidenze scientifiche in scelte operative.

In molti casi, gruppi ampi e interdisciplinari provenienti da più università hanno lavorato insieme per capire come cambiano le filiere sotto pressioni di sostenibilità e rischio e, soprattutto, per tradurre queste analisi in **strumenti decisionali** che aiutano aziende e decisori a passare dall'interpretazione all'azione.

In altri casi, l'impatto del partenariato si vede nella capacità di **aggiornare pratiche industriali** attraverso sperimentazioni congiunte: progetti condotti con distretti e imprese hanno messo a punto soluzioni per sostenibilità e tracciabilità, costruendo un terreno condiviso tra ricerca e produzione, dove nuove tecniche e nuovi approcci possono essere trasferiti e adottati con continuità. E c'è anche una trasformazione più profonda del modo di fare ricerca: alcuni percorsi, nati dall'incontro tra competenze tecnologiche e discipline creative, stanno consolidando metodi nuovi per valutare l'efficacia di esperienze digitali e strumenti di comunicazione avanzata; altri hanno portato la collaborazione fino al co-design con designer e studenti, diffondendo una cultura progettuale orientata a durabilità, manutenzione e disassemblaggio, e rendendo il ricambio generazionale parte integrante del valore prodotto.

In sintesi, l'outcome più importante è questo: MICS non sta solo finanziando attività, sta **costruendo un ecosistema** in cui il sapere circola, si contamina e diventa pratica, e dove la collaborazione non è episodica ma si struttura come patrimonio comune.

Innovazione digitale, ottimizzazione ed evoluzione dei processi manifatturieri e dei modelli di business

Gli outcome identificati per questa area di impatto sono:

- **Riduzione dei tempi di sviluppo;**
- **Abbattimento dei costi e degli sprechi;**
- **Aumento della competitività degli attori industriali;**
- **Riduzione dei rischi ergonomici e cognitivi;**
- **Aumento della produttività.**

Area di Outcome	Effetti osservati (qualitativi + numerici)
Tempi di sviluppo	Fino a 72 ore di produzione autonoma; riduzione iterazioni fisiche e pipeline più rapide; generazione decisioni da 2 giorni a 7,5 secondi; -15% tempi di deposizione compositi
Costi e sprechi	Risparmi fino al 30% su scarti e -15% consumi energetici; manutenzione predittiva efficace; costo riciclo poliammide ≤2€/kg; risparmio annuo oltre 230.000€ nel recupero termoplastici
Competitività	Miglior posizionamento mercato; nuovi modelli circolari e personalizzazione avanzata; integrazione fino al 50% di riciclato post-industriale in film biodegradabili; tracciabilità ESG tramite passaporto digitale e blockchain
Sicurezza e ergonomia	Riduzione 15-26% interventi safety e tempi ciclo in celle collaborative uomo-robot; ambienti più sicuri e human-centered; riduzione carico fisico operatori tramite Human Digital Twin
Produttività	Tempi ciclo -10/20%; +31/35% produttività per turno; meno downtime; >90% accuratezza predittiva nella manutenzione; >20% riduzione difetti nei compositi; maggiore efficienza energetica



Riduzione dei tempi di sviluppo dei prodotti e dei processi

L'introduzione di strumenti digitali ha ridotto in modo significativo il time-to-market in diversi settori.

Outcome principali:

- **Riduzione delle iterazioni fisiche grazie ai Digital Twin**, con un'accelerazione del ciclo di validazione (stime qualitative confermate da casi d'uso).
- **Riduzione del tempo-uomo nel settore nautico grazie all'Additive Manufacturing**: 72 ore di stampa completamente autonome, con drastica riduzione del lavoro manuale.
- **Snellimento della pipeline di progettazione nel Living Lab H-SPACE**, con riduzione consistente dei tempi di scambio dati e generazione scenari VR basati su CAD.
- **Riduzione dei tempi di co-progettazione e scelta materiali** nei progetti che integrano MBSE + LCA.

Riduzione del ciclo di sviluppo nel tessile/moda, grazie agli strumenti di prototipazione virtuale che eliminano vincoli di lead time fisico.

Abbattimento dei costi operativi e degli sprechi

Le tecnologie digitali hanno consentito riduzioni significative dei costi diretti e indiretti.

Outcome principali:

- **Riduzione dei costi del 27%** in un progetto grazie all'eliminazione degli stampi e alla manifattura additiva.
- **Riduzione degli scarti fisici** grazie alla dematerializzazione dei campioni (Advanced Virtual Tools).
- **Riduzione di costi e materiali** tramite modelli predittivi e ML per produzione "zero-defect" e "first-time-right".
- **Riduzione dei fermi macchina** tramite anomalie predittive e manutenzione intelligente, con beneficio economico diretto.
- **Riduzione di costi lungo il ciclo di vita** grazie a modelli di business circolari.

Aumento della competitività industriale

La digitalizzazione ha rafforzato la capacità delle imprese – in particolare PMI – di innovare, personalizzare l'offerta e anticipare norme di sostenibilità.

Outcome principali:

- **Rafforzamento competitivo dei partner industriali** tramite digitalizzazione della fase concept, con applicazioni dirette nel settore aerospaziale.
- **Nuovi vantaggi competitivi** tramite smart packaging e soluzioni di eco-design.
- **Anticipazione degli standard ESG e circularity**, aumentando la resilienza delle imprese.
- **Nuovi modelli di business basati sulla riparabilità** che prolungano il ciclo di vita dei prodotti.
- **Accesso a tecnologie d'avanguardia** per settori ad alta specializzazione come biomedicale e aerospazio.
- **Incremento del valore percepito** nelle filiere moda/lifestyle.

Riduzione dei rischi ergonomici e cognitivi

Le tecnologie digitali hanno migliorato sicurezza, ergonomia e condizioni di lavoro, in linea con l'approccio human-centered dell'Industria 5.0.

Outcome principali:

- **Mitigazione dei rischi ergonomici** tramite Human Digital Twin, che monitorano condizioni fisiche e cognitive in tempo reale.
- **Ottimizzazione delle celle collaborative uomo-robot via AI** (DITECH) con riduzione del ricorso ai sistemi di safety del 15–26%.
- **Riduzione del rischio di infortunio** grazie alla robotica soft (ROOTS).
- **Miglioramento del comfort degli operatori** con le macchine di tessitura di nuova generazione.

Aumento della produttività e dell'efficienza operativa

L'adozione di AI, robotica e ottimizzazione digitale ha prodotto incrementi concreti di produttività.

Outcome principali:

- **Riduzione dei tempi ciclo del 10–20%** nelle stazioni collaborative ottimizzate.
- **Riduzione dei fermi non programmati** grazie a diagnostic-first, sensing virtuale e modelli predittivi.
- **Aumento del MTBF** (tempo medio tra guasti), con impatto diretto sulla disponibilità degli impianti.
- **Riduzione scarti e prove distruttive** nei processi AM grazie agli strumenti Wasteless/GreenAM.
- **Efficienza energetica migliorata** nelle macchine di tessitura meccatroniche.

4.3

Analisi dei risultati

L'analisi complessiva delle tre aree di impatto mostra che MICS ha prodotto un volume significativo di **output misurabili**, grazie alla disponibilità di dati quantitativi affidabili su prototipi, materiali, processi, strumenti digitali, tecnologie sviluppate e attività realizzate. In questo caso è stato possibile rendicontare numeriche precise, come il numero di prototipi e nuovi materiali generati, le tecnologie sperimentate, le linee di ricerca avviate e le piattaforme digitali sviluppate, che offrono una fotografia chiara dell'intensità e della qualità dell'azione progettuale.

La valutazione degli **outcome**, invece, è risultata più complessa da quantificare in modo omogeneo. Gli effetti di medio periodo, come la riduzione delle emissioni, l'aumento della competitività, la trasformazione delle filiere, la digitalizzazione dei processi e il miglioramento della qualità ambientale, emergono con forza, ma sono distribuiti su progetti con livelli di maturità tecnologica differenti, scale operative diverse e metodologie di misurazione non ancora completamente armonizzate. Per questo motivo, pur avendo evidenze numeriche di rilievo in alcuni casi, non è ancora possibile consolidare un indicatore aggregato di outcome a livello di programma.

Nonostante queste difficoltà metodologiche, il quadro che emerge è fortemente positivo e, soprattutto, coerente con l'ambizione di MICS: non limitarsi a produrre risultati, ma attivare cambiamento. Le evidenze già osservabili mostrano che stiamo agendo come un vero catalizzatore di innovazione lungo tre direttrici complementari.

Da un lato, MICS sta promuovendo e accelerando la **transizione circolare e la sostenibilità ambientale** nel manifatturiero, portando nelle filiere del Made in Italy un approccio più maturo e operativo alla riduzione degli impatti: non solo sensibilizzazione, ma sperimentazione concreta, criteri di progettazione più responsabili, nuove soluzioni e pratiche che aiutano le imprese a ripensare materiali, processi e logiche di filiera in chiave di efficienza e circolarità. In parallelo, MICS sta generando un impatto decisivo sulla **creazione di capitale intellettuale e sullo sviluppo della ricerca attraverso il partenariato**: la collaborazione stabile tra università, centri di ricerca, aziende e giovani talenti sta facendo crescere competenze avanzate, abilitando scambi interdisciplinari e intergenerazionali, e trasformando la conoscenza in patrimonio condiviso, un ecosistema in cui metodi, linguaggi e capacità progettuali si consolidano e restano, anche oltre il singolo progetto.

Infine, la Fondazione sta abilitando **innovazione digitale e ottimizzazione dei processi e dei modelli di business**, accompagnando le imprese verso una manifattura più data-driven e resiliente: strumenti digitali, piattaforme, metodologie e sperimentazioni rendono più misurabili le performance, più governabili le complessità e più rapide le decisioni, con effetti già visibili sull'efficienza, sulla qualità e sulla capacità di innovare.

Le numerose evidenze qualitative e quantitative raccolte testimoniano quindi che gli outcome, pur ancora in fase di consolidamento, stanno già generando trasformazioni concrete e misurabili. Con MICS stiamo creando le condizioni perché la transizione ecologica e digitale sia un percorso praticabile, scalabile e sempre più sistemico nei prossimi anni.



5. Alcuni highlights dei progetti

Con il Partenariato Esteso MICS – **Made in Italy Circolare e Sostenibile** genera un impatto rilevante e strutturale sull'economia nazionale, sui sistemi produttivi e sull'ecosistema della ricerca. I settori del Made in Italy coinvolti dalle attività di MICS rappresentano **circa il 45% dell'occupazione complessiva e il 48% del valore nazionale**, contribuendo a oltre **il 50% del valore della produzione nazionale**. In questo modo, MICS si configura come un attore imprescindibile per lo sviluppo economico del Paese e per la crescita di un modello produttivo orientato alla sostenibilità e alla circolarità.

Tra i sostenitori della Fondazione figurano prevalentemente **PMI**, distribuite in settori chiave del Made in Italy circolare e sostenibile: **il 20% opera nel comparto moda-abbigliamento, il 17% nel legno-arredo, il 24% nella meccanica-automazione**, mentre il restante **39% è attivo in ambiti strategici come chimica, energia, logistica e altri settori industriali** ad alto impatto. Questa composizione conferma il nostro ruolo di piattaforma trasversale, capace di accompagnare la transizione sostenibile di filiere diverse ma interconnesse.

Dopo tre anni di attività, i risultati raggiunti dimostrano la concretezza dell'impatto generato: **oltre 1.200 pubblicazioni scientifiche**, più di **800 eventi di disseminazione, 200+ prototipi sviluppati**, il coinvolgimento di oltre **1.000 giovani talenti** e il deposito di **18 brevetti**. Numeri che testimoniano la capacità della Fondazione di generare conoscenza, innovazione tecnologica, trasferimento dei risultati e valorizzazione del capitale umano, rafforzando il posizionamento del Made in Italy come modello di eccellenza circolare e sostenibile, in Italia e all'estero.

Di seguito vengono riportati alcuni progetti rappresentativi sviluppati nell'ambito del Partenariato Esteso MICS – Made in Italy Circolare e Sostenibile, che mostrano come ricerca scientifica, innovazione tecnologica e design possano convergere per affrontare sfide ambientali, industriali e sociali.

AMELIE

Nuovi approcci per il recupero di metalli critici da batterie al litio esauste

Il progetto **AMELIE** si inserisce nel cuore della sfida per l'autonomia industriale europea: la gestione sostenibile e circolare delle batterie agli ioni di litio. In un contesto in cui l'Europa dipende fortemente dall'importazione di materie prime critiche, AMELIE ha trasformato la gestione del fine vita delle batterie da un problema ambientale a un'opportunità strategica, sviluppando processi avanzati per il recupero di litio, cobalto, manganese e nichel.

Dalla ricerca all'innovazione tecnologica

L'approccio di AMELIE si distingue per il superamento dei limiti dei processi termici tradizionali. Attraverso l'utilizzo di **tecnologie a microonde e riscaldamento a induzione**, il team di ricerca ha dimostrato la possibilità di trattare la cosiddetta black mass con un'efficienza di recupero superiore al **90%**, riducendo i tempi di trattamento e abbattendo i consumi energetici del **30%**.

Il progetto non si è fermato al recupero, ma ha esplorato la creazione di nuovi materiali a valore aggiunto. Tra i risultati più significativi figurano la sintesi di **anodi bio-based** a partire da biomasse vegetali (scarti di legno) – con prestazioni paragonabili alla grafite fossile – e lo sviluppo di catalizzatori innovativi capaci di convertire la CO₂ catturata in combustibili solari. Questo approccio a "ciclo chiuso" permette non solo di riciclare le batterie, ma di alimentare nuove filiere produttive a basso impatto carbonico.

Tracciabilità e conformità: il passaporto digitale

Parallelamente alla ricerca sui materiali, AMELIE ha risposto alle nuove esigenze normative europee sviluppando un prototipo di **Digital Battery Passport (DBP)** basato su tecnologia blockchain. Sviluppato in collaborazione con Italtel, questo strumento garantisce la trasparenza e l'integrità dei dati lungo l'intera catena del valore, anticipando i requisiti del Regolamento (UE) 2023/1542. La piattaforma consente di monitorare la storia di ogni batteria, facilitando il riuso e garantendo che il riciclo avvenga secondo i più alti standard di sicurezza.

I numeri di un percorso d'impatto

Al termine dei 36 mesi di attività, il progetto ha consolidato un impatto tangibile su più livelli:

- **Capitale umano e scientifico:** il coinvolgimento di 32 ricercatori ha generato una produzione scientifica di rilievo con 34 pubblicazioni su riviste internazionali.
- **Tutela dell'innovazione:** la validità delle soluzioni sviluppate è confermata dal deposito di 3 brevetti relativi ai processi di recupero del litio.
- **Progresso tecnologico:** il progetto ha portato le tecnologie sviluppate da un livello di prova concettuale (TRL 2) a una convalida in ambiente prototipale (TRL 4), gettando le basi per un futuro scaling-up industriale nel territorio nazionale.

Grazie a questa combinazione di chimica verde e digitalizzazione, AMELIE rappresenta un modello di eccellenza per il Made in Italy, capace di coniugare competitività economica e rigenerazione ambientale.

AURORA

Tecnologie indossabili e materiali smart per sport e sicurezza

Il progetto AURORA si focalizza sulla progettazione di sistemi indossabili intelligenti che integrano tessuti avanzati, sensori e materiali smart per rivoluzionare i settori dello sport e della sicurezza sul lavoro. In linea con i paradigmi dell'Industria 5.0, AURORA mette al centro la persona, sviluppando tecnologie human-centered capaci di monitorare i parametri fisiologici e assistere fisicamente l'utente, migliorando benessere e prestazioni in contesti lavorativi e agonistici.

Innovazione tessile e robotica soft

L'eccellenza tecnologica del progetto si è concretizzata nello sviluppo di due principali dimostratori che superano i limiti della sensoristica tradizionale:

- **Manicotto intelligente sensorizzato:** un dispositivo progettato per l'acquisizione di segnali elettromiografici (sEMG) dell'avambraccio. Grazie a un innovativo rivestimento in carbon black e all'integrazione di sensori di pressione capacitivi, il sistema garantisce un monitoraggio preciso dell'attività muscolare mantenendo elevati standard di comfort, traspirabilità e flessibilità.
- **Attuatore soft tessile:** un guanto esoscheletrico basato sulla robotica soft pneumatica, ideato per assistere i movimenti di flesso-estensione delle dita. Questa soluzione rappresenta un supporto ergonomico fondamentale per i lavoratori impegnati in task ripetitivi o gravosi, contribuendo attivamente alla prevenzione degli infortuni.

Oltre ai prototipi fisici, AURORA ha introdotto metodologie all'avanguardia per l'ottimizzazione della pressione degli indumenti e la valutazione del comfort termico dei tessuti funzionalizzati, assicurando che la tecnologia non sia solo performante, ma anche perfettamente integrata nell'esperienza d'uso quotidiana.

Sostenibilità e nuovi materiali

La transizione verso una manifattura sostenibile è un pilastro del progetto, che ha sperimentato processi di funzionalizzazione dei tessuti a basso impatto ambientale. Tra i risultati di rilievo figurano rivestimenti conduttivi basati su resine epossidiche bio-based e l'utilizzo di scarti agro-industriali per la creazione di coating funzionali. Questi approcci non solo riducono l'impronta ecologica del settore tessile, ma garantiscono anche la durabilità dei prodotti, assicurando che le proprietà intelligenti del tessuto resistano ai cicli di lavaggio e all'usura nel tempo.

I numeri di un percorso d'impatto

- **Al termine del suo triennio di attività**, AURORA ha consolidato un impatto scientifico e tecnologico di rilievo:
- **Capitale umano e scientifico:** il progetto ha coinvolto un team multidisciplinare di 41 ricercatori (di cui 13 donne) e prodotto 18 pubblicazioni scientifiche di rilevanza internazionale .
- **Progresso tecnologico:** le tecnologie sono evolute da una fase iniziale di ricerca (TRL 1) a una convalida in ambiente prototipale (TRL 4-5), segnando un passo decisivo verso il trasferimento industriale .
- **Prototipazione e Disseminazione:** sono stati realizzati 2 dimostratori tecnologici principali e promosse diverse attività di disseminazione, inclusi seminari e sessioni speciali in prestigio se conferenze internazionali.

Attraverso la combinazione di design industriale e scienze dei materiali, AURORA dimostra come il Made in Italy possa guidare l'innovazione nei wearable, rendendo la sicurezza e la prestazione umana obiettivi raggiungibili attraverso una tecnologia etica, sostenibile e inclusiva.

Cycloplastic Economy

Economia circolare e riciclo chimico avanzato delle plastiche

Il progetto **Cycloplastic Economy** affronta una delle sfide ambientali più pressanti per i settori simbolo del Made in Italy: la gestione dei rifiuti plastici complessi. In ambiti come il tessile, l'arredo e il packaging, i residui industriali e post-consumo rappresentano spesso una criticità ecologica; il progetto punta a trasformarli in risorse ad alto valore aggiunto attraverso lo sviluppo di tecnologie di riciclo chimico e la progettazione di nuovi materiali polimerici intrinsecamente circolari.

Oltre il riciclo meccanico: la depolimerizzazione

L'innovazione di Cycloplastic Economy risiede nell'impiego di processi chimici ed enzimatici per "smontare" le plastiche a livello molecolare. Il team ha dimostrato l'efficacia di metodi di **depolimerizzazione selettiva** per poliesteri e polistirene espanso (EPS), sviluppando un processo a circuito chiuso che permette di sciogliere gli scarti di EPS direttamente nello stirene per rigenerare nuovo polimero senza produrre rifiuti secondari.

Un progresso significativo è stato raggiunto anche nel trattamento dei **materiali compositi fibro-rinforzati** – tipicamente difficili da riciclare – dove l'uso della solvolisi assistita da microonde ha permesso un recupero efficiente e pulito delle fibre di vetro e di carbonio. In parallelo, la ricerca biologica ha portato alla purificazione di enzimi capaci di degradare il polietilene e alla produzione di **bioplastiche PHA** attraverso batteri in grado di sequestrare e assimilare la CO₂.

Materiali bio-based e misurazione della sostenibilità

Il progetto ha esplorato con successo la sostituzione dei polimeri fossili con **resine termoindurenti da fonti rinnovabili**, come oli esausti da cucina e molecole vegetali (limonene), ottenendo materiali con proprietà meccaniche spesso superiori alle alternative petrolchimiche. Per garantire che queste innovazioni siano realmente sostenibili, è stato introdotto il **Sustainability Performance Index (SPI)**: un indicatore matematico rigoroso che fonde le prestazioni tecniche del materiale con i dati di **Life Cycle Assessment (impronta di carbonio ed energetica)**, offrendo alle imprese una bussola oggettiva per valutare l'efficacia delle proprie scelte ecologiche.

I numeri di un percorso d'impatto

In 32 mesi di attività, Cycloplastic Economy ha consolidato risultati di eccellenza scientifica e applicativa:

- **Capitale umano e scientifico:** il progetto ha mobilitato 44 ricercatori (di cui il 40% donne) e generato oltre 30 pubblicazioni su riviste Internazionali di alto impatto.
- **Prototipazione e maturità:** la ricerca ha portato alla realizzazione di oltre 20 prototipi e alla validazione di metodi di safe-by-design, portando le tecnologie da una fase concettuale a un livello di convalida in laboratorio (TRL 4).
- **Network accademico:** la collaborazione ha unito 7 istituzioni d'eccellenza (CNR e sei tra le principali università italiane), creando una rete di competenze unica sulla chimica verde.

Attraverso la combinazione di riciclo molecolare e design di materiali bio-ispirati, Cycloplastic Economy non solo risponde alle direttive europee su packaging ed ecodesign, ma fornisce all'industria italiana gli strumenti tecnici e metodologici per guidare la transizione verso un'economia della plastica realmente rigenerativa.

PBR Fashion / ADVT

Strumenti digitali avanzati per la moda sostenibile

Il progetto **ADVT (Advanced Virtual Tools for Digital Acquisition)** risponde a una delle necessità più urgenti del settore tessile e moda: la digitalizzazione delle fasi iniziali di progettazione per abbattere l'impatto ambientale e accelerare i tempi di sviluppo. Focalizzandosi sul concetto di **PBR Fashion (Physically-Based Rendering)**, il progetto ha sviluppato un flusso di lavoro innovativo per creare gemelli digitali dei tessuti che riproducono fedelmente non solo l'estetica, ma anche il comportamento fisico e tattile dei materiali.

Innovazione accessibile: hardware 3D e software open-source

La vera rottura tecnologica introdotta da ADVT risiede nella democratizzazione di strumenti solitamente costosi e complessi, rendendoli accessibili anche alle Piccole e Medie Imprese (PMI).

– **SALA Frame:** è stato progettato e realizzato un dispositivo di supporto per l'acquisizione fotografica stampabile in 3D. Questo strumento sostituisce sistemi di laboratorio da migliaia di euro (come i dome a LED), permettendo di standardizzare la cattura dei dati materiali con attrezzature fotografiche di base.

– **RelightLAB e Workflow PBR:** i dati raccolti vengono elaborati tramite il software open-source RelightLAB, potenziato per estrarre mappe di dettaglio (albedo, rugosità, metallicità) capaci di reagire realisticamente alla luce in ambienti virtuali e motori grafici come Blender o Unreal Engine.

– **Interazione Aptica e XR:** presso l'Immersive Design Lab dell'Università di Bologna, la ricerca si è spinta fino all'integrazione di stimoli tattili attraverso dispositivi aptici, permettendo ai designer di "sentire" la mano del tessuto in ambienti di Realtà Estesa (XR), migliorando drasticamente l'efficacia del co-design a distanza.

L'impatto di ADVT è misurabile lungo l'intera catena del valore.

La **dematerializzazione dei campionari fisici** permette di svincolare i creativi dai lunghi tempi di fornitura, riducendo drasticamente il numero di prototipi fisici necessari. Questo si traduce in un beneficio ambientale immediato: meno scarti tessili, un minor consumo idrico legato alla produzione di metri di tessuto di prova e una riduzione delle emissioni di CO₂ dovute ai trasporti dei campionari lungo la filiera.

I numeri di un percorso d'impatto

In 31 mesi di attività, il progetto ha trasformato una sfida di design in un'infrastruttura digitale concreta:

– **Capitale umano e scientifico:** il team multidisciplinare di **14 ricercatori** (di cui il 43% donne e il 50% under 40) ha prodotto **11 pubblicazioni** scientifiche tra articoli e atti di convegno.

– **Progresso tecnologico:** le tecnologie sono evolute da un'idea concettuale (TRL 0) a una convalida in ambiente prototipale (**TRL 4**), con lo sviluppo di 3 prototipi funzionali tra hardware e software.

– **Archivio Digitale dei Tessuti:** è stata avviata la creazione di unapiattaforma aperta e collaborativa per la raccolta e la consultazione dei campioni digitalizzati, integrando dati fisici, descrittori visivi e parametri di tracciabilità.

Attraverso la combinazione di riciclo molecolare e design di materiali bio-ispirati, Cycloplastic Economy non solo risponde alle direttive europee su packaging ed ecodesign, ma fornisce all'industria italiana gli strumenti tecnici e metodologici per guidare la transizione verso un'economia della plastica realmente rigenerativa.

LINFA – VAIA PLAY

Strumenti digitali avanzati per la moda sostenibile

Il progetto **LINFA – VAIA PLAY** rappresenta una risposta tangibile e innovativa a una delle crisi ambientali più profonde del Mezzogiorno: l'emergenza Xylella in Puglia. Invece di considerare gli alberi abbattuti come un semplice rifiuto speciale da smaltire, il progetto trasforma il legno d'ulivo in una risorsa strategica per la manifattura tecnologica, creando una simbiosi industriale tra il settore agricolo e quello dell'hardware e del design.

Ingegneria dei materiali e design rigenerativo

Il cuore tecnologico di LINFA risiede nello sviluppo di **bioplastiche avanzate** derivate dal recupero degli scarti legnosi. In collaborazione con l'Università di Trento e la startup VAIA, il progetto ha ingegnerizzato nuovi materiali che integrano fibre di legno d'ulivo in matrici polimeriche sostenibili. Queste bioplastiche, ottimizzate per la produzione industriale tramite **stampa 3D o stampaggio a iniezione**, sono progettate per sostituire le plastiche vergini di origine fossile in componenti ad alto valore tecnologico, come scocche per PC, auricolari e accessori elettronici.

L'approccio di LINFA non si limita alla ricerca sui materiali, ma propone un modello di **manifattura distribuita**. Coinvolgendo le PMI e gli artigiani locali nella trasformazione del legno in situ, il progetto abilita una filiera corta che riduce drasticamente l'impatto logistico e valorizza le competenze territoriali, portando l'innovazione direttamente nelle aree colpite dall'emergenza.

Impatto sociale e restituzione al territorio

Uno degli elementi distintivi di LINFA è il suo modello di business "circolare ed etico". La rimozione sistematica dei residui infetti non ha solo una funzione economica, ma previene ulteriori criticità biologiche negli uliveti, supportando attivamente la Strategia Agroforestale Nazionale. Inoltre, il progetto prevede un meccanismo di redistribuzione: una quota dei ricavi derivanti dalla vendita dei prodotti tecnologici viene reinvestita direttamente nella rigenerazione dei territori pugliesi, finanziando la piantumazione di nuovi alberi e restituendo vita a un paesaggio profondamente ferito.

I numeri di un percorso d'impatto

Nonostante la natura sfidante della materia prima, LINFA ha raggiunto risultati di rilievo in tempi rapidi:

– **Maturità tecnologica:** il progetto ha compiuto un salto significativo nel livello di prontezza tecnologica, passando da una fase di convalida in laboratorio a una fase di prototipazione avanzata (**da TRL 4 a TRL 7**).

– **Sostenibilità certificata:** ogni fase del processo è stata sottoposta ad analisi **LCA (Life Cycle Assessment)** per garantire che il bilancio ambientale dell'intero ciclo di vita del prodotto – dalla raccolta del legno al fine vita dell'oggetto tech – sia nettamente superiore alle alternative tradizionali.

– **Network e Ricerca:** il coinvolgimento di ricercatori e assunzioni dedicate ha permesso di consolidare un know-how unico sul trattamento del legno d'ulivo come rinforzo per biopolimeri, aprendo la strada a nuove applicazioni nel settore del design sostenibile.

LINFA dimostra come il Made in Italy possa trasformare un disastro ambientale in un'opportunità di riscatto, unendo la sensibilità del design alla ricerca scientifica per creare prodotti che non solo sono belli e funzionali, ma portano con sé una storia di rinascita territoriale.

6. Sintesi e visione futura

6.1

Sintesi valutativa

Questa **prima Relazione di Impatto** di MICS evidenzia con chiarezza come il Partenariato abbia saputo trasformare un programma di ricerca complesso in un insieme coerente di risultati tangibili, capaci di generare valore per l'intero ecosistema del Made in Italy. Gli oltre settanta progetti attivati negli Spoke testimoniano una capacità diffusa di innovazione, sostenuta da un approccio interdisciplinare che integra design, scienza dei materiali, ingegneria, tecnologie digitali e scienze sociali.

Nel suo complesso, questo documento conferma la solidità della visione della Fondazione e della capacità di posizionarsi come **riferimento nazionale** nella transizione ecologica e digitale dei settori chiave del Made in Italy. La quantità e la qualità dei risultati prodotti rappresentano un punto di partenza robusto per consolidare il ruolo del Partenariato nei prossimi anni, ampliando ulteriormente il raggio d'azione e rafforzando la capacità di generare impatti strutturali e duraturi.

4.3

Analisi dei risultati

La strategia di sviluppo futuro di MICS si colloca in una prospettiva di responsabilità istituzionale verso il sistema produttivo italiano, verso il mondo della ricerca e, più in generale, verso il Paese. I risultati conseguiti nel corso della prima fase di attività hanno dimostrato la capacità della Fondazione di operare come soggetto credibile, efficace e riconosciuto nel panorama della ricerca applicata e dell'innovazione. Con l'evoluzione di MICS, questa esperienza viene messa a sistema e proiettata in una dimensione più ampia: quella di un'infrastruttura nazionale di riferimento per l'innovazione sostenibile del Made in Italy manifatturiero, capace di accompagnarne l'evoluzione nel tempo, preservandone l'identità e rafforzandone la competitività.

La scelta di istituire un **Osservatorio permanente sull'innovazione nel Made in Italy**, affiancato da strumenti strutturati di analisi come il **MICS Index e il Maturity Model**, risponde all'esigenza di dotare il sistema manifatturiero italiano di una bussola condivisa. In un contesto caratterizzato da transizioni rapide e complesse, la capacità di leggere in modo continuo e oggettivo il livello di innovazione dei processi produttivi diventa un fattore abilitante di sviluppo.

L'impatto generato da questa azione è innanzitutto di governance: MICS contribuisce a rendere il dibattito sull'innovazione più informato, fondato su evidenze e dati comparabili, rafforzando la qualità delle decisioni strategiche sia delle imprese sia delle istituzioni. Al tempo stesso, l'impatto ambientale e sociale si manifesta nella promozione di modelli produttivi più efficienti, sostenibili e orientati al lungo periodo, coerenti con i valori distintivi del Made in Italy.

Un ulteriore elemento qualificante della futura strategia MICS è il rafforzamento del ruolo della Fondazione come **facilitatore dell'incontro tra ricerca e industria**. Il manifatturiero italiano, nella sua straordinaria varietà di filiere e territori, esprime un patrimonio di competenze, saperi e capacità produttive che necessita di essere costantemente alimentato dall'innovazione. Attraverso attività di matchmaking strutturato, open innovation e supporto alla progettualità congiunta, MICS genera un impatto diretto sulla capacità delle imprese di trasformare la conoscenza scientifica in soluzioni industriali concrete.

Questo impatto si traduce in maggiore competitività, in una più rapida adozione delle tecnologie abilitanti e in un rafforzamento della posizione del Made in Italy sui mercati internazionali, sempre più attenti non solo alla qualità del prodotto, ma anche alla solidità dei processi che lo generano.

Particolarmente rilevante è inoltre l'impatto connesso alle attività di **orientamento e gestione dei finanziamenti per la ricerca e l'innovazione**. In un contesto in cui le risorse pubbliche e private devono essere impiegate con rigore e visione strategica, MICS assume un ruolo di garanzia: canalizzare i fondi verso progetti ad alto potenziale, ridurre la frammentazione degli interventi e accompagnare le imprese manifatturiere, in particolare le PMI, lungo percorsi di innovazione complessi ma necessari. L'impatto generato è sistemico: si rafforza la capacità del tessuto produttivo di accedere alle opportunità offerte dai programmi nazionali ed europei, si migliora l'efficacia della spesa pubblica e si costruisce un ecosistema più solido e responsabile.

La dimensione dei **servizi ad hoc per le imprese**, che comprende formazione, contract research e accesso a competenze qualificate, completa questo quadro di impatto. MICS non si propone come semplice fornitore di servizi, ma come partner di sviluppo, capace di accompagnare le imprese manifatturiere lungo traiettorie di crescita coerenti con le sfide ambientali, tecnologiche e sociali. L'impatto sociale si manifesta nella diffusione delle competenze, nella valorizzazione del capitale umano e nella costruzione di relazioni durature tra imprese, università e territori; l'impatto ambientale nella promozione di soluzioni innovative che migliorano l'efficienza e la sostenibilità dei processi produttivi; l'impatto economico nella capacità di rendere il Made in Italy sempre più competitivo e resiliente.

Infine, attraverso le attività di **policy "orientation" e produzione di conoscenza strategica**, MICS assume pienamente il ruolo di interlocutore autorevole per le istituzioni. La trasformazione delle evidenze raccolte sul campo in indirizzi di politica industriale consente di rafforzare il legame tra innovazione, sostenibilità e sviluppo del manifatturiero nazionale. In questo modo, MICS contribuisce a costruire un quadro di riferimento stabile e lungimirante, capace di sostenere nel tempo l'eccellenza produttiva italiana.

Nel suo insieme, la strategia futura di MICS esprime una **visione chiara**: fare dell'innovazione sostenibile il fondamento del futuro del Made in Italy manifatturiero.

L'impatto ESG generato dalla Fondazione non è episodico né accessorio, ma strutturale e intenzionale. È l'espressione di una responsabilità assunta verso il Paese: accompagnare la manifattura italiana in una transizione che non ne snaturi l'identità, ma la rafforzi, rendendola un modello di competitività responsabile, riconosciuto a livello internazionale e capace di generare valore duraturo per le generazioni future.





FONDAZIONE
MICS
Made in Italy Circolare e Sostenibile



www.mics.tech