



NUMERO SPECIALE

ECOSISTER È...

Ricerca e transizione ecologica
nell'ecosistema dell'Emilia-Romagna



MAURIZIO SOBRERO
VINCENZO COLLA
MARINA SILVERII
MARCO DEGANI
FABRIZIO COBIS
GABRIELE LOBACCARO
GIOVANNI MOLARI
LAURA RAMACIOTTI
RITA CUCCHIARA
PAOLO MARTELLI
VITTORIO MORANDI
MICHELE MUCCINI
DUCCIO GALLICHI NOTTIANI
MARCELLO ROMAGNOLI
STEFANO RAMPINO
VERONICA TESTA
DARIO CROCCOLO
GIORGIO OLM
CLAUDIO TRAPELLA
LUCA RAIMONDI
FELICE GIULIANI
MASSIMILIANO MAZZANTI
SANDRO LONGO

LETIZIA CREMONINI
LUISA PASTI
ENRICO FRANCIA
GABRIELE TEBALDI
ROBERTO DE RENZI
ALICE RUINI
LUCA SELMI
CRISTINA SISSA
RENATO VACONDIO
DANIELE MOLteni
ARIANNA CECCHI
STEFANIA GRECO
GABRIELLA GUALANDI
GIANLUCA MARCHI
SARA MONESI
SVEVA RUGGIERO
LUCIE SANCHEZ
ENRICO CANCEL
LUCA CONGEDO
CASSANDRA FONTANA
FRANCESCA LIOCE
STEFANO VALENTINI
GIACOMO BOTTOS



Editore



Direttore responsabile

Giacomo Bottos

Vicedirettore

Raffaele Danna

Segretario di redazione

Francesco Rustichelli

Redazione

Andrea Raffaele Aquino

Andrea Baldazzini

Lorenzo Cattani

Giacomo Centanaro

Eleonora Desiata

Laura Laportella

Carlotta Mingardi

Daniele Molteni

Andrea Pareschi

Luca Picotti

Giulio Pignatti



Design

Riccardo Mazzoli

Ispira – Open Group

Stampa

Premiato Stabilimento

Tipografico dei Comuni

Soc. Coop. - Santa Sofia (FC)

*Il presente numero è stato realizzato in collaborazione con
Fondazione Pico e con il contributo di Coopfond*

CONTRIBUTI: si collabora alla rivista cartacea su invito del direttore e della redazione. Per proporre contributi per la versione online è possibile scrivere a: redazione@pandorarivista.it

ABBONAMENTO BASE: 50 euro **SOSTENITORE:** a partire da 70 euro
L'abbonamento annuale include la spedizione in formato cartaceo dei tre numeri dell'anno in corso. L'abbonamento consente inoltre di accedere agli articoli per abbonati presenti nell'area Pandora+ del sito.
Per abbonarsi: www.pandorarivista.it/abbonati
Per informazioni: pandora@pandorarivista.it

INFORMATIVA PRIVACY (ART.13 REGOLAMENTO UE 2016/679)

La sottoscrizione di un abbonamento a Pandora Rivista (cartaceo/digitale) comporta la comunicazione di dati personali e la contestuale autorizzazione al trattamento. Il trattamento avviene nel rispetto delle procedure di sicurezza, protezione e riservatezza dei dati. L'informativa completa sulle finalità, modalità, durata del trattamento e sui diritti esercitabili dall'interessato è disponibile sul sito: www.pandorarivista.it/privacy/ e viene visualizzata in fase di sottoscrizione dell'abbonamento. Titolare del trattamento è Nous Media Srl.

Crediti e ringraziamenti per le immagini sono indicati in fondo alla rivista.
Pandora Rivista è a disposizione degli eventuali proprietari dei diritti sulle immagini riprodotte, nel caso non si fosse riusciti a reperirli.

INDICE



EDITORIALE

Parte prima

SCOPRIRE ECOSISTER

Le interviste sono a cura di Giacomo Bottos e Daniele Molteni

Ecosister: un progetto collettivo al servizio del territorio	8
Intervista a Maurizio Sobrero	
Ricerca, relazioni e collaborazioni: il caso di Ecosister	18
Intervista a Vincenzo Colla	
Un ecosistema d'innovazione di fronte alla sfida internazionale	26
Intervista a Marina Silverii	
Governare complessità e risorse: la gestione di Ecosister tra ricerca e spesa	34
Intervista a Marco Degani	
La gestione del PNRR e la sfida del miglioramento della pubblica amministrazione	42
Intervista a Fabrizio Cobis	
Ecosister nella prospettiva dei valutatori	52
Intervista a Gabriele Lobaccaro	
L'Università di Bologna e il progetto Ecosister	64
Intervista a Giovanni Molari	
L'Università di Ferrara e il progetto Ecosister	68
Intervista a Laura Ramaciotti	
L'Università di Modena e Reggio Emilia e il progetto Ecosister	74
Intervista a Rita Cucchiara	
L'Università di Parma e il progetto Ecosister	78
Intervista a Paolo Martelli	
Il Consiglio Nazionale delle Ricerche e il progetto Ecosister	82
Intervista a Vittorio Morandi	
Il contributo dei partner del Progetto Ecosister	88

Parte seconda

IL LAVORO DEGLI SPOKE DI ECOSISTER

Le interviste sono a cura di Giacomo Bottos e Daniele Molteni

Materiali innovativi per tecnologie sostenibili: l'esperienza dello Spoke 1	96
Intervista a Michele Muccini	
Materiali innovativi e sostenibili per il packaging	102
Intervista a Duccio Gallichi Nottiani	

Nuove soluzioni energetiche per la transizione verde: l'esperienza dello Spoke 2	110
Intervista a Marcello Romagnoli	118
Nuove soluzioni fotovoltaiche per applicazioni leggere e integrabili	
Intervista a Stefano Rampino	
Produrre celle a combustibile in modo sostenibile con la stampa 3D	124
Intervista a Veronica Testa	
Una manifattura avanzata per una produzione green: l'esperienza dello Spoke 3	130
Intervista a Dario Croccolo	
Ottimizzare prodotti e processi con nuovi materiali e additive manufacturing	138
Intervista a Giorgio Olmi	
Soluzioni chimiche per trasformare le biomasse in risorse utili	144
Intervista a Claudio Trapella	
L'utilizzo dei digital twin per sviluppare materiali più sostenibili	152
Intervista a Luca Raimondi	
Mobilità, città ed energia intelligenti: l'esperienza dello Spoke 4	158
Intervista a Felice Giuliani	
Mappare l'innovazione sostenibile in Emilia-Romagna	166
Intervista a Massimiliano Mazzanti	
Monitoraggio e miglioramento della qualità dell'aria	172
Intervista a Sandro Longo	
L'analisi del verde urbano per la valutazione dei servizi ecosistemici della città	180
Intervista a Letizia Cremonini	
L'economia circolare come approccio trasversale: l'esperienza dello Spoke 5	188
Intervista a Luisa Pasti	
Nuove soluzioni sostenibili per le colture agricole	196
Intervista a Enrico Francia	
L'impiego delle plastiche riciclate nelle pavimentazioni stradali	202
Intervista a Gabriele Tebaldi	
Dati e supercalcolo per la transizione ecologica: l'esperienza dello Spoke 6	210
Intervista a Roberto De Renzi e Alice Ruini	
High performance computing per la progettazione di dispositivi d'avanguardia	220
Intervista a Luca Selmi	
Lo studio delle molecole che generano luce per migliorare la qualità dei dispositivi elettronici	228
Intervista a Cristina Sissa	
Previsione e modellazione dei fenomeni alluvionali	236
Intervista a Renato Vacondio	

Parte terza

I RISULTATI TRA RICERCA, TRASFERIMENTO TECNOLOGICO E APPLICAZIONI

La struttura e gli obiettivi del progetto Ecosister	244
di Daniele Molteni	
Il progetto di trasferimento tecnologico e innovazione di Ecosister	248
di Arianna Cecchi, Stefania Greco, Gabriella Gualandi, Gianluca Marchi, Sara Monesi, Sveva Ruggiero e Lucie Sanchez	
I risultati del progetto Ecosister	258
di Enrico Cancila, Luca Congedo, Cassandra Fontana, Francesca Lioce e Stefano Valentini	

Ma la donna di sua mano sollevò il grande coperchio dell'orcio e tutto disperse, procurando agli uomini sciagure luttuose. Sola lì rimase Speranza nella casa infrangibile, dentro, al di sotto del bordo dell'orcio, né se ne volò fuori; ché Pandora prima ricoprì la giara, per volere dell'egioco Zeus, adunatore dei nubi. E altri mali, infiniti, vanno errando fra gli uomini.

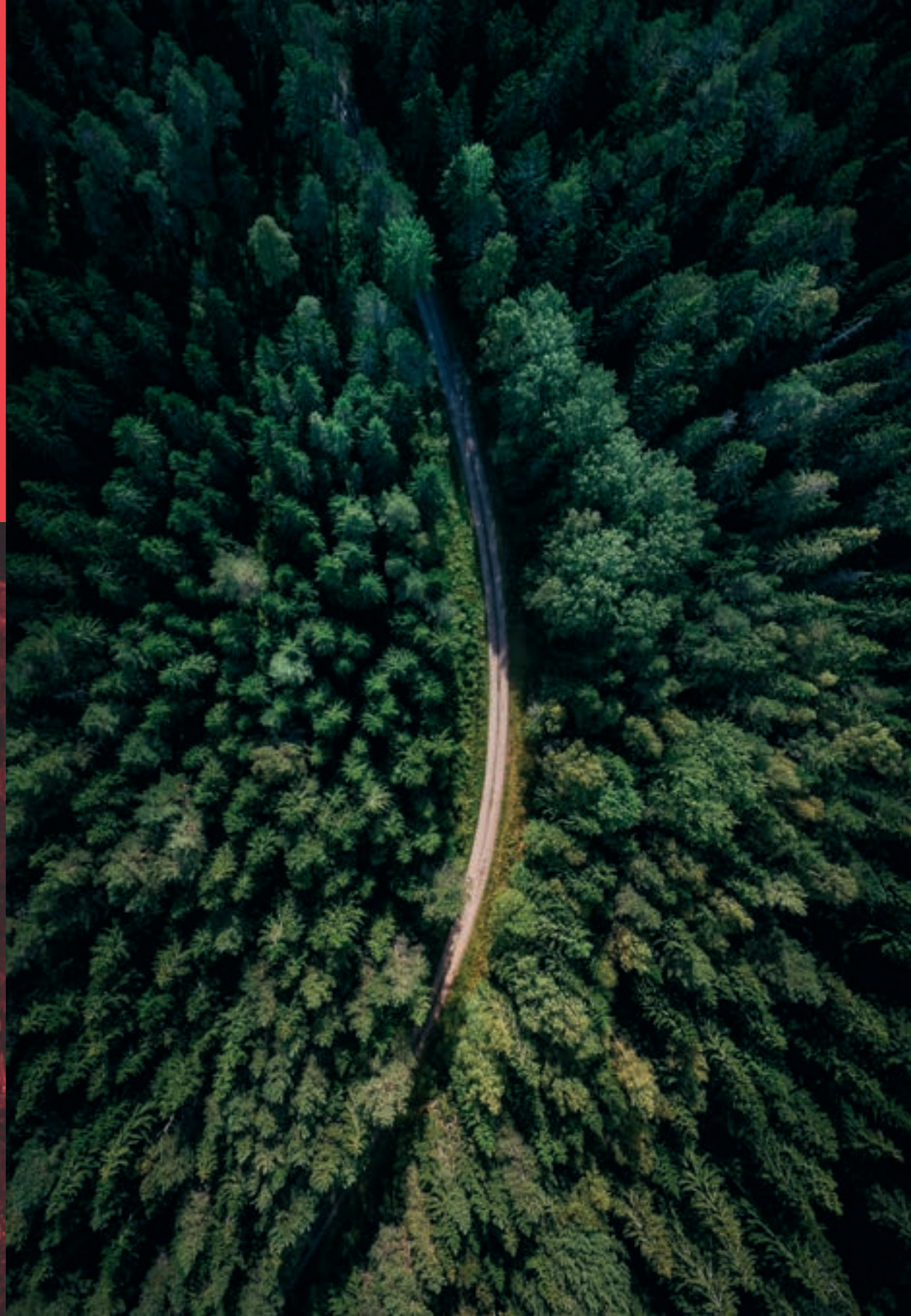
[Esiodo // Le opere e i giorni]

Cos'è Pandora Rivista?

Viviamo da lungo tempo in un'epoca di sconvolgimenti e trasformazioni. Si ha spesso l'impressione di vivere in un mondo nel quale un nuovo vaso di Pandora sia stato aperto. Un mondo popolato da "mali" di ogni genere: disuguaglianze, crisi climatica, lati oscuri della digitalizzazione, divari sociali e territoriali, instabilità internazionale, fragilità esistenziale e molto altro.

Di fronte a tutto questo, non ci sono risposte immediate. La consapevolezza della complessità, però, non conduce per forza alla disperazione o alla rassegnazione. Può essere l'inizio di un più intenso sforzo di comprensione. Questa idea è all'origine di Pandora Rivista: non si esce dalla crisi se non capendo il proprio tempo, situandosi in esso e comprendendone i problemi. Questo è quello che vuol dire per noi "fare cultura". Non è una via facile: richiede pazienza, sforzo e impegno collettivo. Pandora Rivista è dunque innanzitutto una comunità di autori e lettori animati dal bisogno di comprendere, come condizione necessaria dell'azione.

Crediamo che questa sia l'unica strada che ci possa portare, in futuro, ad aprire il vaso una seconda volta e a liberare la speranza che sembra perduta.



Editoriale



A cinque anni dallo scoppio della pandemia, il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza si avvicina alla sua conclusione. Se la discussione complessiva su di esso è stata viva e articolata, meno approfondita è spesso la conoscenza dei singoli progetti e di quanto essi hanno conseguito. In questo numero speciale si presentano gli obiettivi, l'impianto, la struttura e i risultati del progetto Ecosister – incluso nella Missione 4 Istruzione e ricerca, Componente 2 Dalla ricerca all'impresa, Investimento 1.5. Potendo contare su un finanziamento PNRR di 110 milioni di euro, Ecosister aveva l'obiettivo di potenziare l'ecosistema della ricerca e dell'innovazione della Regione Emilia-Romagna, promuovendone la transizione ecologica. A coordinare il progetto è stata la Fondazione Ecosister, presieduta da Maurizio Sobrero e diretta da Marco Degani, che si è posta come Hub al quale hanno fatto riferimento sei Spoke, guidati dalle Università di Bologna, Modena e Reggio Emilia, Parma e Ferrara, nonché dal CNR. Oggetto dei diversi Spoke sono stati ambiti come i materiali per la sostenibilità e la transizione ecologica, il ciclo di vita dell'energia pulita, le soluzioni di prodotto e di processo per una manifattura verde e sostenibile, le infrastrutture fisiche e digitali per la mobilità sostenibile e le soluzioni edilizie ed energetiche in ambito urbano, l'economia circolare e il supercalcolo per la transizione ecologica. Il progetto ha coinvolto inoltre 23 partner. La dimensione della ricerca è strutturalmente integrata, nel contesto del progetto, con l'ambito dell'impresa, anche grazie alla presenza di un Programma di innovazione per il trasferimento tecnologico (TTIP) curato da ART-ER. Il progetto, che

prevedeva in totale ben 468 Deliverable, ha richiesto e stimolato un'intensa collaborazione tra attori diversi, rafforzando un tessuto di relazioni e conoscenza condivisa.

Il numero si articola in tre parti. La prima, "Scoprire Ecosister", presenta gli elementi principali della visione e della struttura del progetto attraverso le interviste ad alcune figure chiave, a partire da Maurizio Sobrero, Presidente del Consiglio di Amministrazione di Ecosister, che nella prima intervista del numero illustra genesi, impianto e punti di forza di Ecosister. Segue il contributo del Vicepresidente della Regione Emilia-Romagna Vincenzo Colla, che sottolinea come Ecosister si inserisca nella strategia regionale e vada a rafforzare il tessuto di collaborazioni e relazioni che è alla base dell'ecosistema emiliano-romagnolo. La Direttrice operativa di ART-ER e Vicedirettrice di Fondazione Ecosister Marina Silverii evidenzia il ruolo del programma di trasferimento tecnologico, inquadrando Ecosister nella scelta di lungo periodo della Regione di integrare il sistema della ricerca pubblica con quello economico e produttivo. Il Direttore Esecutivo e Program Research Manager di Fondazione Ecosister evidenzia sfide e risultati della gestione di Ecosister, tra dimensione scientifica e amministrativa. Sulla lezione del PNRR per il miglioramento e il potenziamento della pubblica amministrazione si sofferma Fabrizio Cobis, Dirigente della Direzione generale della ricerca per la programmazione dei finanziamenti e per l'innovazione del Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR). Gabriele Lobaccaro, a nome del panel di revisori di Esperti Tecnico Scientifici (ETS) rac-

conta il ruolo dei valutatori come parte integrante del progetto, non solo nel monitoraggio dei risultati ma anche nel suo miglioramento. Seguono i contributi dei Rettori dell'Università di Bologna Giovanni Molari, dell'Università di Ferrara Laura Ramaciotti, dell'Università di Modena e Reggio Emilia Rita Cucchiara, dell'Università di Parma Paolo Martelli. Per il CNR interviene Vittorio Morandi, Direttore dell'Istituto per lo Studio dei Materiali Nanostrutturati e Presidente dell'Area di Ricerca di Bologna. Contributi dei partner del progetto concludono la sezione.

La seconda parte, dal titolo "Il lavoro degli Spoke" entra nello specifico dell'oggetto dei diversi Spoke e dei risultati raggiunti, con il contributo di numerosi ricercatori e ricercatrici, che testimoniano gli output di singoli progetti. La sezione si apre con l'intervista a Michele Muccini, Spoke Leader dello Spoke 1 sui materiali innovativi per tecnologie sostenibili. Sempre dello Spoke 1 è parte Duccio Gallichi Nottiani. Per lo Spoke 2 sulle soluzioni energetiche per la transizione intervengono lo Spoke Leader Marcello Romagnoli e i ricercatori Stefano Rampino e Veronica Testa. Allo Spoke 3 sulla manifattura verde e sostenibile appartengono lo Spoke Leader Dario Croccolo e Giorgio Olmi, Claudio Trapella e Luca Raimondi. Al contributo dello Spoke Leader dello Spoke 4 – sulle infrastrutture fisiche e digitali per la mobilità sostenibile e sulle soluzioni edilizie ed energetiche innovative – Felice Giuliani, seguono i contributi di Massimiliano Mazzanti, Sandro Longo e Letizia Cremonini. Per lo Spoke 5 sull'economia circolare interviene la Spoke Leader Luisa Pasti

insieme a Enrico Francia e Gabriele Tebaldi. Infine, gli interventi degli Spoke leader dello Spoke 6 Roberto De Renzi e Alice Ruini sono seguiti dalle interviste a Luca Selmi, Cristina Sissa e Renato Vacondio.

La terza sezione presenta alcune riflessioni complessive sul progetto, sui suoi risultati e su elementi e progettualità trasversali ad esso. L'articolo di Daniele Molteni riepiloga alcuni aspetti generali del progetto. Seguono due contributi a cura di ART-ER. Il primo, a cura di Arianna Cecchi, Stefania Greco, Gabriella Gualandi, Gianluca Marchi, Sara Monesi, Sveva Ruggiero e Lucie Sanchez, è dedicato al trasferimento tecnologico. Il secondo, a cura di Enrico Cancila, Luca Congedo, Cassandra Fontana, Francesca Lioce e Stefano Valentini, sintetizza un rapporto di monitoraggio sui risultati del progetto.

Se il progetto Ecosister proseguirà, in considerazione della volontà manifestata dalla Regione di finanziarlo anche oltre la conclusione del PNRR, è importante fare un bilancio che possa essere tanto un punto di arrivo quanto un punto di partenza. Questo numero fornisce al lettore numerosi elementi per conoscere Ecosister e per formarsi un'idea rispetto ad alcune delle molte ricerche che ha promosso. Se la ricerca, il processo scientifico e lo sviluppo tecnologico spesso non sono pienamente conosciuti dal pubblico, questo volume rappresenta un'occasione preziosa per gettare uno sguardo su alcune delle innovazioni che potrebbero trasformare il tessuto economico e le nostre vite.

Ecosister: un progetto collettivo al servizio del territorio

Intervista a Maurizio Sobrero

Maurizio Sobrero è Professore ordinario di Economia e gestione dell'innovazione presso l'Università di Bologna e Presidente del Consiglio di Amministrazione di Ecosister.

La nascita del progetto Ecosister avviene nel quadro del PNRR sviluppato nel contesto della pandemia. Cosa ha rappresentato, ad uno sguardo retrospettivo, quella crisi sistemica? Cosa ci ha fatto comprendere e cosa ci appare invece oggi lontano?

Sobrero: Facendo una riflessione di ordine generale, la prima cosa che si nota è che sembra che abbiamo quasi completamente dimenticato ciò che abbiamo vissuto e la portata reale di quel periodo. All'epoca circolavano molti slogan che promettevano un cambiamento profondo, ma se guardiamo alla letteratura sul comportamento collettivo e sulle strutture sociali, vediamo che le società, nella maggior parte dei casi, hanno una memoria breve. Solo eventi davvero traumatici e condivisi riescono a lasciare tracce durature, e solo in alcune circostanze; paradossalmente, ciò che avrebbe potuto costituire una memoria comune globale si è invece dissolto rapidamente, travolto da nuove crisi che si sono succedute a ritmo serrato. Forse, come molti hanno osservato, la pandemia non ha fatto altro

che accelerare l'emersione di contraddizioni e problemi già presenti, rendendoli semplicemente più visibili. Sicuramente, prima del Covid-19 l'attenzione sull'impatto complessivo delle attività umane sul pianeta, e in particolare sul peso dei modelli produttivi, di vita e di consumo che si sono affermati prima in alcune aree del mondo per poi diffondersi ovunque, era molto più intensa e strutturata. Durante la pandemia si vide addirittura un miglioramento di diversi indicatori ambientali, banalmente perché aerei e merci si muovevano molto meno. Questo riportò in primo piano una domanda che era già nell'aria: fino a che punto la società è disposta a ridurre i ritmi di sviluppo per garantire una prospettiva di sostenibilità nel lungo periodo?

Osservando le conferenze sul clima successive alla pandemia, emerge chiaramente un certo rilassamento. L'ingresso degli Stati Uniti nel patto globale per il clima, dopo la marcia indietro della prima amministrazione Trump, aveva creato qualche aspettativa, ma l'attenzione internazionale si è poi ridotta. Anche nel programma europeo da cui derivano i fondi di resilienza, il focus principale era sul lavoro e sulle difficoltà dell'Unione Europea ad ampliare la base occupazio-

nale e a includere i giovani. Questo aspetto, insieme alla sensibilità ambientale, avrebbe dovuto costituire uno dei driver centrali. Eppure, se si osservano le risorse effettivamente allocate per la transizione sostenibile, non risultano così abbondanti. Il tema è stato affrontato più sul piano regolatorio che su quello finanziario e, non a caso, questa è stata una delle principali critiche sollevate da molte parti, e oggi assistiamo a un certo arretramento europeo anche sul rigore normativo.

In che modo si è arrivati alla genesi di Ecosister? Quali condizioni, dinamiche istituzionali e capitale sociale regionale hanno reso possibile la costruzione del progetto?

Sobrero: Raccontare la nascita di Ecosister come un processo ordinato e lineare sarebbe una ricostruzione *ex post*, perché in realtà nessuno dei progetti PNRR ha avuto un avvio davvero razionale. Nell'autunno del 2021 si iniziò appena a delineare l'ipotesi di allocazione delle





risorse, ma quel quadro derivava da un esercizio molto accelerato nei primi mesi dell'anno, quando il governo Draghi, appena insediato, ereditò dal secondo governo Conte le linee di base del Piano e le rielaborò in tempi strettissimi, costruendo l'impianto complessivo e poi articolando missioni, programmi e capitoli. Sul fronte della ricerca, i primi elementi generali si intravedevano tra maggio e giugno, ma la presentazione ministeriale vera e propria arrivò solo a fine ottobre 2021. I bandi furono aperti tra dicembre e febbraio, con una rapidità che lasciò poco tempo per la programmazione. In questo contesto non c'è stata una progettazione lineare del percorso: ciò che oggi può sembrare un disegno coerente fu in realtà il risultato di una grande capacità di adattamento. Nel caso di Ecosister partivamo da un capitale sociale regionale molto solido, nel senso più profondo del termine. Esisteva già una tradizione consolidata di collaborazione, un'abitudine a ragionare collettivamente, che quindi non doveva essere costruita da zero. Quando si è presentata l'opportunità di organizzarsi per decidere la direzione da prendere, la possibilità di sedersi attorno a un tavolo in modo naturale è stata un punto di forza decisivo e non scontato. Il tema di lavoro, inoltre, non è mai stato realmente in discussione. L'indirizzo regionale verso la sostenibilità, nelle sue diverse declinazioni, è stato recepito immediatamente dagli atenei e dagli enti di ricerca, sia per convinzione sia perché esisteva già una capacità molto strutturata in questi ambiti.

Guardando dall'esterno, oltre che dall'interno, uno degli elementi che hanno reso possibile la costruzione del progetto è stato proprio questa tradizione regionale di lavoro collettivo. L'Emilia-Romagna aveva già un ecosistema della conoscen-

za molto articolato: la prima legge regionale sull'innovazione dopo la devolution degli anni Duemila, strumenti di pianificazione condivisi, relazioni mature tra pubblico, privato e società civile. Non si partiva dunque da un terreno vergine. Il programma nazionale degli ecosistemi puntava a creare ecosistemi dove non esistevano; qui, al contrario, si trattava di operare dentro un sistema già vivo. A questo si è aggiunto un ruolo fondamentale, quasi di collante operativo, da parte di ART-ER, che ha fornito supporto continuo e competenze organizzative indispensabili nella fase di avvio. Inizialmente si era anche valutato di affidargli il coordinamento di Ecosister, perché rappresentava un'istituzione condivisa da tutti e costruita nel tempo come luogo di convergenza. Non è stato possibile per ragioni normative, ma questo non ha generato dinamiche di competizione interna o rivendicazioni di ruolo che spesso, nel nostro Paese, paralizzano i processi.

Come si è configurata, da un punto di vista operativo, la fase di avvio del progetto: quali scelte organizzative, quali modelli di governance e quali pratiche hanno reso possibile passare dall'impianto ministeriale all'operatività?

Sobrero: Il funzionamento effettivo di un progetto come questo dipende molto dalla composizione del team che lo guida. Nel nostro caso si è creata una combinazione di persone competenti nei rispettivi ambiti, molto collaborative e dotate di una forte disponibilità istituzionale. Questo ha permesso di partire con un gruppo coeso, non orientato a rappresentare interessi individuali ma a costruire una vera casa comune. È un aspetto meno visibile, ma decisivo per impostare un lavoro che, una volta avviato, avrebbe dovuto reggere per anni. Il se-

condo elemento fondamentale è stato il tempo dedicato a progettare il funzionamento interno del sistema. Il progetto in sé era definito dal bando, ma trasformarlo in operatività richiedeva una struttura precisa, che all'inizio semplicemente non esisteva. Ci siamo ritrovati a metà giugno 2022 con un foglio bianco su tutto ciò che riguardava le modalità concrete di lavoro e abbiamo investito due mesi interi in riunioni settimanali del Consiglio di amministrazione, costruendo passo dopo passo l'architettura complessiva: comitati, regole di interazione, processi, criteri di funzionamento, struttura degli accordi *Hub and Spoke* che dovevano definire le regole di ingaggio tra tutti gli attori. Quella fase è stata molto delicata dal punto di vista istituzionale, perché nel frattempo si confrontavano visioni diverse e mancavano ancora indicazioni definitive da parte del Ministero. L'allocazione di 110 milioni a un soggetto nuovo apriva questioni regolatorie rilevanti. Per esempio, il tema della fideiussione per un soggetto privato e il problema concreto di chi dovesse sostenerne il costo. Sono aspetti che possono sembrare banali ma che, in realtà, riguardano la buona amministrazione e la gestione del rischio, e che non erano definiti da nessuna norma.

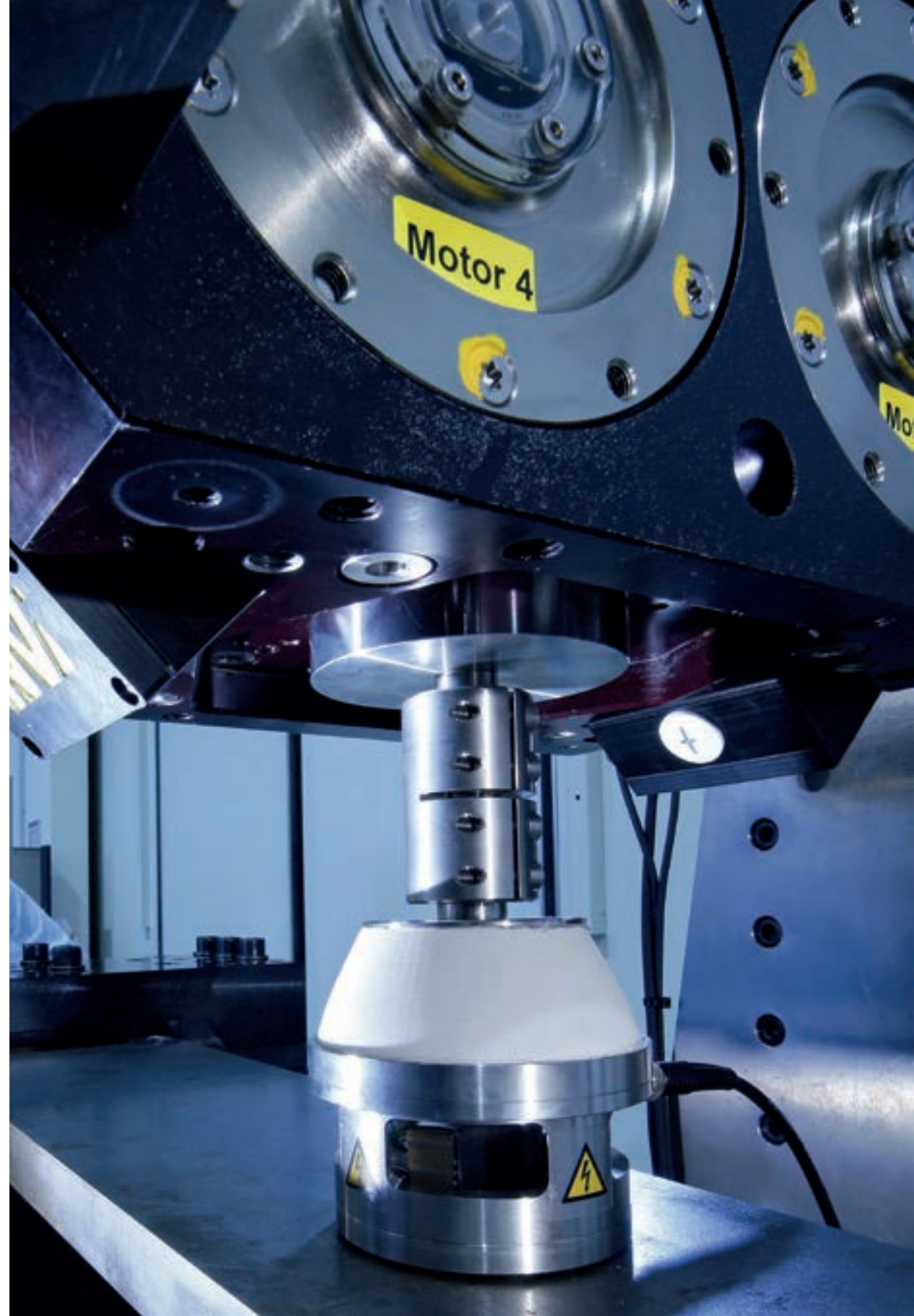
Molte delle soluzioni che abbiamo introdotto sono poi state adottate anche da altri Hub. Siamo stati i primi ad avviare volontariamente un modello di controllo interno secondo l'impianto del decreto 231; abbiamo definito regolamenti per acquisti, appalti e incarichi prima dell'avvio operativo, abbiamo razionalizzato i processi riducendo i costi gestionali, e abbiamo coinvolto una banca del territorio per garantire una gestione trasparente dei flussi finanziari. È stato un lavoro di costruzione silenziosa, ma indispensabile per la fase successiva. Grazie

a questa impostazione si sono poi potuti avviare con continuità anche i comitati scientifici, i gruppi dedicati al trasferimento tecnologico e tutte le unità operative, sostenuti da una struttura amministrativa molto snella e competente. Le tre persone che hanno composto l'ufficio, selezionate tramite call pubbliche, Marco Degani, Laura Morigi e Federica Ruggia, hanno avuto un ruolo essenziale nell'assicurare efficienza e affidabilità.

Il primo anno è stato dominato dall'adattamento alle procedure ministeriali e ai complessi sistemi di monitoraggio, di cui inizialmente non si conoscevano né criteri né modalità. Tuttavia, siamo riusciti a separare la gestione amministrativa, con tutte le sue difficoltà, dallo sviluppo dei progetti scientifici, che hanno potuto procedere senza rallentare. È proprio per questo che oggi vediamo risultati scientifici rilevanti, che non sono stati intralciati dalle complessità gestionali, che sono state affrontate in parallelo e in modo discreto, come è giusto che sia. Il ruolo dell'Hub è creare le condizioni perché la ricerca possa avere spazio e continuità. Meno la macchina organizzativa si vede, meglio funziona. E la solidità delle collaborazioni scientifiche, costruite già nei mesi preparatori con riunioni frequenti tra atenei, CNR, INFN, ENEA e gli altri attori, ha fatto il resto, permettendo ai progetti di muoversi rapidamente fin dall'inizio.

Quali sono i principali risultati raggiunti da Ecosister, in termini di persone coinvolte, infrastrutture, output scientifici e impatto sui diversi ambiti di ricerca?

Sobrero: Per parlare dei risultati è utile distinguere tra l'impiego delle risorse, che ha creato masse critiche destinate a produrre effetti anche oltre la durata



del progetto, e gli output specifici, cioè i risultati consegnati dai singoli gruppi di ricerca. Il primo elemento riguarda le persone: la regione oggi dispone di una comunità di ricercatrici e ricercatori molto più ampia di prima, grazie a nuove assunzioni all'interno delle università e degli enti partner. Il dato più significativo è il tasso di permanenza di circa l'80 per cento delle persone che hanno avuto un contratto a termine nell'ambito di Ecosister, che è poi rimasto nel sistema. Un valore molto alto che indica una reale capacità di attrazione e integrazione. Il progetto ha inoltre raddoppiato il numero di borse di dottorato disponibili grazie a fondi pubblici e ha aumentato in modo analogo le posizioni di postdoc. A questo bisogna aggiungere l'investimento in personale tecnico altamente qualificato, fondamentale per far funzionare le infrastrutture scientifiche che non richiedono solo ricercatori ma anche competenze tecniche specializzate. Tutto questo si traduce in un rafforzamento dell'economia della conoscenza e in nuovo lavoro qualificato, che a sua volta crea domanda di condizioni di vita e di contesto adeguate. Si tratta di profili che arricchiscono il territorio anche dal punto di vista culturale e sociale. Un altro risultato fondamentale riguarda poi le infrastrutture. Circa un quarto del budget complessivo di Ecosister è stato investito in nuove apparecchiature scientifiche. Questo significa che gli atenei e i centri di ricerca hanno oggi a disposizione una strumentazione più moderna e più ricca, adatta sia a rafforzare la qualità della ricerca sia a competere per nuovi bandi, nazionali ed europei. Inoltre, la disponibilità di strumenti condivisi ha favorito la creazione di abitudini di cooperazione più strutturate di quanto avvenisse in passato.

Poi ci sono gli output scientifici, che nei singoli progetti toccano ambiti molto diversi. Si va dai nuovi materiali per l'automotive, con fibre di carbonio progettate secondo criteri di maggiore sostenibilità, alle nuove mescole per l'asfalto, fino agli interventi su pesca e agricoltura, alle soluzioni per la gestione delle risorse e alla riduzione dei consumi nei processi produttivi. La logica non era occuparsi genericamente di sostenibilità, ma lavorare sul contributo del sistema produttivo a un futuro più sostenibile. Ciò significa rendere più sostenibili i processi industriali, riducendo i consumi, aumentando la resa ed efficienza, migliorando la riciclabilità e la circolarità delle risorse. Un'ambizione profondamente legata a ciò che imprese e filiere possono concretamente fare. Nel complesso, i risultati raggiunti riflettono un impatto sia immediato sia prospettico: da un lato, persone e infrastrutture rafforzano stabilmente il sistema regionale della ricerca; dall'altro, gli output dei progetti offrono soluzioni e conoscenze che continueranno a generare valore oltre la durata del programma, contribuendo a un percorso di innovazione che ha nella sostenibilità un obiettivo concreto e non meramente dichiarato.

Come ha funzionato la dimensione del trasferimento tecnologico e in che modo il progetto ha dialogato con il sistema produttivo regionale, valorizzandone punti di forza e criticità?

Sobrero: Ecosister si è inserito in un territorio che da tempo è abituato alla collaborazione tra tutte le componenti dell'economia della conoscenza. Questo è un dato importante, perché il trasferimento tecnologico funziona solo se la produzione di nuova conoscenza è solida e continua: non ha senso "spremere" troppo la

fase di trasferimento se la ricerca a monte non genera innovazione, così come non avrebbe senso lavorare soltanto sulla ricerca ignorando il mondo produttivo, che è una parte decisiva della creazione di valore. In Emilia-Romagna queste due dimensioni erano già in equilibrio e il progetto ha potuto appoggiarsi a un sistema maturo.

All'interno di Ecosister il lavoro sul trasferimento tecnologico è stato organizzato su tre livelli. Il primo riguardava il consolidamento di ciò che già esisteva, valorizzando il supporto della rete regionale del trasferimento tecnologico, che rappresentava una base forte su cui innestarsi. Il secondo livello era quello del miglioramento, che ha coinvolto tutti gli Spoke. A differenza di altri ecosistemi italiani, che avevano scelto di specializzare uno Spoke esclusivamente sul trasferimento, noi abbiamo deciso che ogni Spoke dovesse avere un ruolo sia nella ricerca sia nelle attività di trasferimento, proprio per evitare una separazione artificiale tra la produzione di conoscenza e le applicazioni. Il trasferimento tecnologico, infatti, ha molte anime, che vanno dall'incubazione, alle start-up, all'open innovation, alla relazione con la società e con i territori. Questa pluralità richiedeva il contributo di tutti, con ART-ER che ha svolto ancora una volta un ruolo di collante e coordinamento. Il terzo livello era quello della sperimentazione. Qui abbiamo provato a introdurre elementi nuovi, per esempio cercando di razionalizzare le attività di incubazione. In questo caso, razionalizzare non significa tagliare costi, ma creare massa critica per attrarre più investitori e rendere più visibili le opportunità generate dal sistema. Un altro esempio di sperimentazione è stato il bando che prevedeva la possibilità per le imprese del territorio di ricevere risorse

solo se acquistavano tecnologia da altri territori. Era un messaggio preciso: un ecosistema è forte se rimane aperto. Un sistema che si chiude su se stesso rischia di atrofizzarsi; una filiera che dialoga con l'esterno, invece, si arricchisce.

Ecosister ha operato per migliorare la capacità del sistema regionale di lavorare in modo coordinato, per rafforzare le relazioni tra ricerca e imprese e per introdurre alcune sperimentazioni utili per capire come far evolvere l'ecosistema. Molto è stato fatto, ma il potenziale rimane ampio e la strada da percorrere richiede continuità, apertura e strumenti che permettano di valorizzare del tutto la ricchezza del tessuto produttivo emiliano-romagnolo e non solo.

Alla luce dell'esperienza di Ecosister, cosa significa oggi "sostenibilità" in un contesto internazionale più complesso, e quali prospettive future si aprono per il progetto e per il territorio?

Sobrero: Oggi parlare di sostenibilità richiede uno sguardo duplice: da un lato un pensiero capace di tenere insieme economia, ambiente e società; dall'altro una capacità di azione locale, concreta, che eviti di ridurre questi temi a dichiarazioni di principio. In un contesto internazionale più incerto e meno compatto rispetto agli anni immediatamente successivi alla pandemia, ciò che conta è mantenere una sorta di "resistenza intellettuale", continuare cioè a lavorare in una direzione che può sembrare meno popolare ma rimane cruciale. Questo territorio ha sempre avuto la forza di non farsi condizionare dalle mode politiche del momento, e questa è una qualità che oggi vale ancora di più. La sostenibilità non è solo una questione ambientale, ma è sempre una combinazione di fatto-



ri economici, sociali e culturali. Questo porta con sé un rischio di esclusione, perché a volte si può essere sostenibili solo se ce lo si può permettere, a causa del costo elevato di molti beni e servizi che ampliano le opportunità di chi ha già le risorse e limitano quelle di chi non le ha. Anche scelte semplici, come una dieta più equilibrata e rispettosa dell'ambiente, diventano accessibili solo ad alcune fasce della popolazione. Rendere la sostenibilità un percorso collettivo e non elitario significa quindi affrontare anche le disuguaglianze. E questo richiede tempo, investimenti, pazienza e continuità. Un paradosso contemporaneo sempre più evidente è che abbiamo sempre associato i problemi della sostenibilità alle industrie pesanti e ai settori più tradizionalmente inquinanti, ma oggi uno dei nodi principali riguarda le tecnologie digitali. L'enorme consumo energetico dei data center, l'uso massivo del cloud, l'impatto invisibile delle infrastrutture che sostengono qualunque nostra azione digitale, comprese le comunicazioni che abbiamo ogni giorno, sono aspetti raramente considerati ma decisivi. Il digitale non è necessariamente pulito, e affrontare questa contraddizione richiede nuove forme di consapevolezza e di ricerca.

Per quanto riguarda il futuro di Ecosister, l'auspicio è di poter proseguire il lavoro collettivo avviato in questi anni. Le condizioni ci sono, e il riconoscimento arrivato più volte dalla Regione, in particolare dalle istituzioni che hanno seguito più da vicino il progetto, è stato importante e motivo di orgoglio. Naturalmente questo non può essere dato per scontato, perché la domanda da porsi è sempre come un'iniziativa di questo tipo possa continuare a essere utile a un sistema già ricco e articolato. Ci sono temi che non possono essere affrontati per singo-

le verticali disciplinari. Una delle grandi forze di Ecosister è stata la capacità di lavorare in modo multidisciplinare, superando i confini tra saperi e istituzioni. Le università e gli enti pubblici di ricerca hanno sempre collaborato, ma raramente in forma così collettiva e simultanea. I Tecnopoli e i Cluster avevano già avviato percorsi di coesione, ma una collaborazione così ampia e integrata, che coinvolgesse tutte le università regionali insieme alle sedi locali di quelle lombarde, CNR, INFN, ENEA e tutti gli affiliati coinvolti nel progetto, non aveva precedenti. Conservare questa eredità sarebbe molto utile, perché i problemi di oggi hanno una scala tale da richiedere risposte corali. E poi c'è il tema delle risorse. La scala ormai è quella europea, e sempre più spesso i bandi richiedono partenariati multidisciplinari e multi-attore. Avere un contenitore già attivo può semplificare il lavoro e aumentare la capacità di attrazione delle risorse, presentandosi in modo più compatto e credibile. L'obiettivo realistico è rafforzare questa capacità di attrarre finanziamenti, lavorando insieme su problemi che nessun attore potrebbe affrontare da solo e mantenendo viva quella cultura di collaborazione che è stata al cuore di Ecosister. È stata un'esperienza intensa, con fasi complesse e ritmi che hanno fatto sembrare tre anni molto più lunghi, ma per chi l'ha vissuta è stato anche un grande privilegio. E questa energia, se mantenuta, può diventare la base per un percorso ancora più ampio e duraturo.

Ricerca, relazioni e collaborazioni: il caso di Ecosister

Intervista a Vincenzo Colla

Vincenzo Colla è Vicepresidente Regione Emilia-Romagna con delega a Sviluppo economico e green economy, Economia sociale, Energia, Formazione professionale, Università e ricerca.

Quali sono stati i punti di forza del progetto Ecosister? In che modo questo progetto ha preso avvio e ha contribuito a rafforzare un ecosistema consolidato di rapporti tra ricerca, università e innovazione?

Colla: Ecosister nasce dentro un contesto che in Emilia-Romagna è già molto strutturato: ha potuto inserirsi in una rete già solida e sfruttarne le potenzialità. La scelta di concentrarsi sulla sostenibilità è stata particolarmente efficace, perché oggi spesso si tende a presentarla come un limite alla competitività. Ecosister ha voluto mostrare che può essere l'opposto, che sostenibilità e produttività possono convivere e rafforzarsi. E lo ha fatto attraverso un modello integrato che è tipico della nostra regione, mettendo insieme università, ricercatori, imprese, startup e creando un lavoro corale di grande qualità. Un ruolo decisivo è stato quello del Presidente Maurizio Sobrero, capace di coordinare i diversi attori, valorizzarli e dare al progetto un'identità riconoscibile. In Ecosister era presente anche un

tratto fondamentale della governance regionale, il modello del Patto per il Lavoro e per il Clima che porta tutti i soggetti a discutere e costruire insieme obiettivi e investimenti prima ancora della fase operativa. Questo ha permesso una partecipazione ampia e una condivisione reale delle scelte.

Le ricerche applicate prodotte sono un esempio concreto del livello raggiunto. Da quelle sui materiali a quelle sulla *Blue Economy*, mostrano la capacità del progetto di trasformare la ricerca in strumenti e soluzioni utili al sistema produttivo. Anche il finanziamento ha avuto ovviamente un ruolo importante, perché ha tenuto insieme i territori all'interno di un'unica visione regionale, evitando frammentazioni e rafforzando la qualità del lavoro complessivo. Proprio per questi risultati ho già comunicato in Giunta l'intenzione di dare continuità, come Regione, a Ecosister anche dopo il PNRR. Il modello sperimentato ha funzionato e rappresenta una base solida da cui partire per compiere un ulteriore salto di qualità nei prossimi anni.

Quali sono le principali aree e i principali risultati in cui Ecosister ha rafforzato le priorità della strategia regionale?

Colla: All'interno di ogni progetto oggi c'è inevitabilmente la dimensione della digitalizzazione, che rappresenta una condizione di sistema. Ecosister ha contribuito a rafforzarla in modo significativo, soprattutto perché ha lavorato affinché il digitale diventasse un elemento condiviso e accessibile, non qualcosa gestito da pochi. La digitalizzazione deve essere uno strumento mutualistico, deve poter essere governata dai soggetti che ne fanno uso e soprattutto deve arrivare

alle filiere produttive e alle piccole e medie imprese. Un valore importante del progetto sta proprio nell'inclusione delle PMI, accanto ai grandi driver. Questo ha dimostrato che un uso consapevole delle tecnologie consente di aumentare qualità, valore aggiunto e integrazione del sistema produttivo. È la conferma che innovazione e competitività passano dalla capacità di accompagnare tutto il tessuto industriale e non solo i soggetti più strutturati. Un secondo ambito centrale



riguarda i materiali innovativi. La presenza del CNR dentro Ecosister ha permesso di lavorare su linee di ricerca molto avanzate, come le fibre di carbonio o gli acciai speciali. Per una regione che ha una manifattura di nicchia ad altissima qualità, digitale e materiali rappresentano due capisaldi. Qui le imprese trovano sempre le competenze che servono per realizzare prodotti complessi e altamente specializzati. Ecosister ha saputo collocarsi esattamente su questa traiettoria, consegnando soluzioni che, in prospettiva, possono anche diventare brevetti. La Regione non ha cambiato direzione né inventato nuovi settori da un giorno all'altro: ha continuato a lavorare sulle filiere decise insieme, rendendo chiaro a tutti che quelle erano e restavano le priorità. Questa coerenza responsabilizza i soggetti coinvolti, perché le scelte non sono imposte ma condivise fin dall'inizio.

È una visione che rispecchia anche la posizione dell'Emilia-Romagna nel mondo. Non siamo un territorio che può competere sui prodotti massivi, e lo dico spesso ad esempio confrontandomi con realtà enormi come la provincia cinese del Guangdong, che ha più di 110 milioni di abitanti. La nostra forza è nella capacità di fare ricerca, sperimentazione e prodotti unici, di grande qualità, che esportiamo nel mondo. Per riuscirci abbiamo bisogno di filiere che incorporino ricerca e innovazione, ed è proprio questo che Ecosister ha rafforzato. Infine, c'è un tratto che considero distintivo: le relazioni. Le relazioni accademiche, istituzionali, politiche e imprenditoriali sono quasi una forma di educazione collettiva al modo in cui ci muoviamo come sistema. È uno dei veri modelli dell'Emilia-Romagna. Lo dico spesso anche agli imprenditori: le relazioni arrivano prima del manufatto, perché sono le teste



che precedono la produzione. Ecosister ha saputo immediatamente interpretare questo approccio, facendone una delle sue basi culturali.

Ecosister è stato un esempio di progetto PNRR con risultati significativi, sia negli obiettivi raggiunti sia nella qualità della spesa. Quali sono i fattori di questo risultato? Ci sono insegnamenti utili da trarre da questa esperienza?

Colla: Uno degli aspetti più evidenti del successo di Ecosister è il modo in cui ha saputo posizionarsi. Non si è mai posto come un soggetto che aveva qualcosa da insegnare agli altri e non ha mai avuto un atteggiamento autoreferenziale. Al contrario, ha lavorato con molta umiltà, rispettando e valorizzando le competenze dei soggetti coinvolti. È una postura che spesso fa la differenza nei progetti complessi, perché permette di creare fiducia e collaborazione reale. Questa attitudine ha permesso a Ecosister di crescere rapidamente, senza però cadere nella tentazione di sentirsi "oltre" l'università, "oltre" il sistema di ricerca o "oltre" le imprese. Ha mantenuto sempre un equilibrio corretto, definendo un'identità chiara attorno a un tema centrale della nostra vita sociale ed economica, che è la sostenibilità. In una fase in cui spesso viene percepita come un concetto astratto o come un insieme di vincoli, Ecosister l'ha resa concreta e legata a processi di innovazione e competitività. Il risultato più importante è aver mostrato che il famoso trittico della sostenibilità può davvero stare insieme: abbiamo bisogno di sostenibilità ambientale, ma anche di sostenibilità sociale e di sostenibilità economica. La dimostrazione che questa integrazione è possibile è un messaggio potentissimo per la Regione, perché significa che la transizione può essere ac-

compagnata senza generare esclusioni o impoverimenti, ma al contrario creando valore. Questa consapevolezza, però, porta anche a un'altra esigenza. Il sistema deve capire che, dopo un'esperienza così positiva, la sfida è fare un salto di scala. La trasformazione che stiamo vivendo corre a una velocità impressionante e non basta aver dimostrato di possedere un modello efficace; ora serve consolidarlo e portarlo oltre il perimetro iniziale. Ecosister ha creato le condizioni culturali, istituzionali e tecniche per farlo, e questo è già un risultato di grande rilievo.

Se guardiamo agli insegnamenti per la pubblica amministrazione, credo che ce ne siano almeno due. Il primo è che lavorare in modo integrato, con un coordinamento forte ma non gerarchico, produce risultati migliori di quelli ottenuti con strutture verticali rigide. Il secondo è che l'amministrazione può essere un attore capace non solo di controllare ma anche di sostenere, ascoltare e facilitare. Quando la pubblica amministrazione si muove con questo spirito, e quando i soggetti coinvolti accettano la logica della cooperazione, si ottengono progetti più solidi, più condivisi e più efficaci.

Come può avvenire questo salto di scala?

Colla: Il primo passo è dare continuità a Ecosister. Non possiamo considerare conclusa un'esperienza che ha prodotto risultati così significativi. La Regione investirà per proseguire il lavoro, e lo farà come sempre legando l'investimento a obiettivi precisi. Non sarà un sostegno formale o una copertura generica, ma un impegno mirato, definito in accordo con il Presidente e con i soggetti coinvolti. E devo dire che anche loro non vorrebbero mai un finanziamento senza condizioni o senza indirizzo, perché il valore di questo



progetto sta proprio nella sua capacità di orientarsi verso traguardi concreti. Ma la continuità da sola non basta. È arrivato il momento di utilizzare in modo più ambizioso il patrimonio costruito in questi anni per muoverci con forza sul piano europeo. Dobbiamo stringere nuove alleanze, presentarci insieme sui grandi programmi di ricerca e innovazione e candidare Ecosister come modello credibile nelle progettazioni europee. Presentarsi uniti significa avere più autorevolezza e anche più capacità di attrarre investimenti. Oggi abbiamo un marchio riconoscibile e contenuti solidi, ed è il momento di trasformare questa credibilità in una leva per crescere ancora. In questo percorso il contributo di ART-ER è stato fondamentale perché ha coordinato il progetto con grande qualità, e continuerà a essere un punto di riferimento.

Il PNRR è stato un periodo straordinario per la quantità di risorse e opportunità. Con la sua conclusione, il perimetro su cui lavorare diventa quello naturale per una Regione come la nostra, cioè l'Europa. Horizon, i programmi competitivi, il bilancio pluriennale: sono questi gli spazi in cui dobbiamo entrare e muoverci con assertività. L'Emilia-Romagna sta nel mondo attraverso le alleanze, non attraverso chiusure o percorsi solitari. E per costruire alleanze servono contenuti. Non si va al Fraunhofer o allo Jülich senza avere qualcosa di solido da portare. Oggi invece Ecosister può farlo perché ha sviluppato competenze, progetti, relazioni. È il momento di capitalizzarle. E poi non dobbiamo limitarci all'Europa, perché esistono territori, soprattutto nel mondo asiatico, che stanno crescendo rapidamente e che vedranno aumentare enormemente il ceto medio. Per un territorio che produce beni di nicchia ad altissima qualità, quei mercati rappresentano un'opportunità.

Ma si entra attraverso le relazioni e non direttamente con i prodotti.

Il salto di scala riguarda anche la nostra strategia sui talenti. Una regione attrattiva è una regione che lavora su progetti europei e internazionali, perché è lì che i giovani ricercatori vogliono stare. Per trattenerli servono opportunità solide, un sistema produttivo capace di accoglierli e progetti che abbiano un respiro più ampio. Ecosister può contribuire anche a questo, perché porta con sé una visione lunga e un posizionamento che dialoga bene con le ambizioni di chi oggi fa ricerca.

In questo contesto è importante avere strumenti che permettano di costruire un terreno comune, consentendo a questi diversi soggetti di mettere a fuoco obiettivi realmente condivisi. Come può avvenire questo?

Colla: Partiamo dal fatto che la regione dispone già di una rete di grande qualità. Ci sono i Tecnopoli e ci sono i Cluster, che rappresentano un patrimonio scientifico e tecnologico unico nel suo genere. Nei Tecnopoli c'è un hub internazionale come DAMA, che è davvero un unicum: al suo interno convivono il Centro europeo per le previsioni meteorologiche a medio termine (ECMWF), Leonardo e Cineca per l'intelligenza artificiale, e l'Università dell'Onu UNU-AI su *Big Data* e contrasto al cambiamento climatico. Nessuno, a livello globale, ha un tritico così integrato. E se ci pensiamo, questa combinazione mette insieme tecnologia e umanesimo, che è una sfida cruciale del nostro tempo. A questo si aggiungono circa cento laboratori e trentacinque incubatori diffusi sul territorio. Sono luoghi che hanno lavorato molto insieme negli anni, condividendo progetti e sviluppando competenze complementari. Arrivati a questo punto abbia-

mo bisogno di concentrare alcune funzioni e rafforzare le strutture. Serve che alcuni soggetti abbiano spalle più larghe, perché il livello della competizione oggi richiede massa critica, capacità internazionale e una governance più consolidata. Abbiamo una rete molto ricca di incubatori, ma forse è il momento di fare un salto di scala anche qui. Dovremmo iniziare a costruire un grande incubatore regionale che tenga insieme tutti, ispirandoci al modello Ecosister, e che possa rappresentare l'intero ecosistema in modo forte e riconoscibile verso l'esterno, sia a livello nazionale sia europeo. Una struttura così sarebbe coerente con le ambizioni della regione e darebbe un punto di riferimento più chiaro a chi vuole fare impresa innovativa.

Questa nuova fase richiede un confronto ampio: tra i rettori, le associazioni territoriali e naturalmente dentro il Patto, perché la direzione deve essere condivisa. E riguarda anche un altro tema fondamentale, quello del *mismatch* dei talenti, perché non possiamo avere quattromila dottorandi e allo stesso tempo continuare a dire che nelle imprese mancano competenze e profili adeguati. Dobbiamo incontrare queste persone, conoscerle, intrecciare i loro percorsi con le esigenze delle nostre filiere produttive. Se non lo facciamo rischiamo di trovarci con ricercatori precari, un sistema produttivo che non innova abbastanza e una crescente frustrazione sociale. Per affrontare seriamente questo nodo stiamo preparando anche un grande investimento sulle foresterie e sulla casa. Le città universitarie hanno tutte un problema enorme di alloggi accessibili e senza una risposta credibile si perdono talenti e opportunità.

Io penso che il Governo abbia perso un'occasione strategica dopo il PNRR: avrei immaginato un intervento massiccio di rige-

nerazione urbana per recuperare spazi da destinare a foresterie e abitazioni per chi studia e lavora; sarebbe stata anche un'occasione per rilanciare il settore edilizio, che coinvolge tante professionalità e può essere un driver di sostenibilità. Tra l'altro, uno dei filoni di Ecosister dialoga già con questi temi. La verità è che dobbiamo dare un senso al "dopo-PNRR". Abbiamo perso un'occasione unica per spendere bene oltre duecento miliardi e rafforzare la nostra autonomia manifatturiera, industriale e scientifica. Ora tocca a noi, a livello regionale, costruire un percorso che rinnovi questa ambizione. Ed è anche una questione di sovranità, non solo nazionale ma europea. Senza sovranità tecnologica non c'è sovranità politica, e senza queste due non si costruisce un'economia sociale stabile. Per questo abbiamo aperto una delega dedicata all'economia sociale, che serve anche a ricucire i legami dentro la comunità. I progetti di Ecosister si muovono proprio su questo terreno perché sono capaci di generare valore e coesione allo stesso tempo.

Oggi, in parte del dibattito pubblico, la sostenibilità sembra non essere più all'ordine del giorno. Esiste a suo avviso una via per una sostenibilità concreta? La vede incrociarsi con un possibile ruolo rinnovato a livello europeo?

Colla: Io resto profondamente europeista e penso che questa attitudine sia molto diffusa in Emilia-Romagna. Non ci alziamo mai dal tavolo europeo perché sappiamo che il nostro futuro passa da lì. Allo stesso tempo, però, è chiaro che l'Unione Europea deve compiere una sterzata. Dobbiamo tenercela stretta, ma dobbiamo anche chiederle di cambiare passo. Un approccio sovranista, chiuso e autarchico non ha alcun senso per un territorio come il nostro. E non ha senso nemmeno a livello globale. Gli altri non aspettano. Se parliamo di auto



elettriche, i produttori cinesi non restano fermi a guardarci: occupano il mercato. Questo vale in molti settori e se l'Europa non sceglie una strategia di lungo respiro rischia di essere travolta. In un panel dove, con una presentazione, un economista spiegava molto bene la crescita impressionante della Cina, io ho aggiunto che però sarebbe utile inserire anche una slide sulla democrazia. Perché non possiamo dimenticare che l'Europa rimane uno dei grandi spazi di libertà democratica al mondo e non possiamo permettere che la democrazia diventi marginale nella discussione. Sono preoccupato, ma io quella democrazia lenta e a volte faticosa me la tengo, soprattutto se mi confronto con ciò che sta succedendo in Cina e anche negli Stati Uniti. Non può esistere solo una logica di rapporti commerciali bilaterali senza più un riferimento alla democrazia liberale.

Se vogliamo accompagnare il cambiamento serve una scelta forte. L'Unione Europea deve investire molto di più. Mario Draghi, ad esempio, ha indicato la cifra di ottocento miliardi l'anno per recuperare la sovranità tecnologica e io condivido questa impostazione. Il problema è che non

vedo ancora l'Unione pronta a fare questa sterzata, e questo mi preoccupa. Regolare è importante, lo è anche per l'intelligenza artificiale, ma non può essere l'unica risposta. Dobbiamo chiederci se ci piace davvero il modello della Silicon Valley, che spesso opera come se fosse il vero padrone del mondo, senza preoccuparsi delle ricadute sociali e democratiche, e con sedi fiscali scelte solo in funzione del pagare meno tasse. Quel modello non è ciò che vogliamo. Io vorrei un'Europa più capace di reagire, culturalmente e politicamente. Perché oggi rischiamo di apparire come un "brutto anatroccolo" che subisce le scelte degli altri. E invece abbiamo ancora una forza di reazione che possiamo rimettere in campo. E qui torna anche il tema della sostenibilità che non è una moda, non è un orpello. È una necessità storica, economica, sociale. Se l'Europa sceglie di accompagnare la transizione con investimenti adeguati, con una visione di lungo periodo e con un radicamento democratico forte, allora la sostenibilità diventa concreta, competitiva e anche uno dei modi con cui l'Europa può recuperare peso nel mondo.

Un ecosistema d'innovazione di fronte alla sfida internazionale Intervista a Marina Silverii

Marina Silverii è Direttrice operativa di ART-ER e Vicedirettrice di Fondazione Ecosister.

In Emilia-Romagna, il progetto Ecosister ha potuto contare su un ecosistema di innovazione e di trasferimento tecnologico maturo e consolidato, frutto di precise scelte politiche regionali e del lavoro decennale di ART-ER. In che tipo di contesto si è andato a inserire questo progetto?

Silverii: All'inizio degli anni Duemila, grazie al passaggio di competenze sull'innovazione alle Regioni, il nostro territorio ha intrapreso una strada chiara: integrare il sistema della ricerca pubblica con quello economico e produttivo. L'idea di fondo era che i luoghi in cui si producevano ricerca e conoscenza, e da cui quindi si poteva generare innovazione, dovessero diventare parte integrante del sistema regionale. Da qui è nato un "patto" tra la Regione, le università e gli enti di ricerca, un accordo che sanciva una visione condivisa: costruire un sistema di trasferimento tecnologico e di supporto all'innovazione per le nostre filiere produttive, le imprese e i distretti industriali. Le università e gli enti di ricerca hanno messo a disposizione le proprie competenze in modo strutturato, per ri-

spondere alle esigenze di innovazione delle imprese. La Regione, da parte sua, ha finanziato la creazione dei laboratori di ricerca industriale, e successivamente progetti di ricerca collaborativa fra le imprese e i laboratori stessi. Questo è stato il punto di partenza della Rete Alta Tecnologia, poi accreditata all'interno di un sistema regionale di cui ha costituito la spina dorsale. Negli anni successivi ci sono stati diversi ulteriori passaggi che ne hanno favorito l'evoluzione, l'ampliamento e il consolidamento: la creazione della Rete dei Tecnopoli, luoghi distribuiti lungo la Via Emilia, pensati per garantire un forte collegamento con i territori e per facilitare l'accesso di imprese e soggetti pubblici alle competenze scientifiche e tecnologiche disponibili nella Rete Alta Tecnologia, fino ai Clusters, associazioni legalmente riconosciute di cui fanno parte laboratori accreditati e imprese, che da semplici beneficiarie sono diventate co-progettiste delle attività. Parallelamente, la rete è stata estesa anche ai laboratori privati, sottoposti comunque allo stesso sistema di accreditamento.

In tutto questo percorso, ART-ER, di cui università, enti di ricerca e la stessa Regione sono soci, ha avuto un ruolo cen-

NUMERO SPECIALE
Ecosister è...

Parte prima
Scoprire Ecosister

trale. La natura consortile di ART-ER ha permesso negli anni di sviluppare progetti di sistema di grande rilievo. Penso, ad esempio, al lavoro fatto per il Tecnopolo Dama di Bologna, per cui abbiamo sfruttato la rete di relazioni e competenze sviluppate per realizzare il primo grande progetto competitivo per ospitare il data center ECMWF (Centro Europeo per le Previsioni Meteorologiche a Medio Termine). Da lì, grazie al Cineca, sono arrivati ulteriori asset infrastrutturali di altissi-

mo livello come Leonardo e IT4LIA, l'AI Factory italiana. Ecosister nasce proprio su questa base, valorizzando e mettendo a frutto la rete di relazioni, competenze e infrastrutture che la Regione ha costruito negli anni.

Che tipo di rapporto si è creato tra Ecosister e ART-ER?

Silverii: Ecosister è un progetto per gestire il quale è nata la Fondazione omonima.





È nato come risposta a un bando nazionale promosso dal Ministero dell'Università e della Ricerca, finanziato con le risorse del PNRR, in particolare della Missione 4, Componente 2, dedicata al passaggio "dalla ricerca all'impresa". All'interno di questo quadro, l'obiettivo era sostenere lo sviluppo di ecosistemi territoriali dell'innovazione capaci di mettere in rete competenze e infrastrutture. Il Ministero, nella definizione di questo bando, era consapevole della grande varietà dei sistemi territoriali italiani, che presentano situazioni molto eterogenee, con storie, strutture e livelli di maturità differenti. In effetti, nel nostro caso, il primo pensiero di fronte al bando, è stato: "Noi un ecosistema in grado di gestire un progetto di questa portata lo abbiamo già". A quel punto abbiamo costruito il progetto, con ART-ER che ha contribuito in modo significativo a realizzare la piattaforma progettuale insieme all'Università di Bologna, individuando un primo gruppo di soggetti – gli Spoke – costituiti dalle altre nostre Università e dal CNR.

È stato un lavoro fatto in modo agile, grazie all'imprinting e al coordinamento dell'Università di Bologna, ma anche grazie all'esistenza di relazioni consolidate e metodi di collaborazione già strutturati. È stato quindi relativamente semplice coinvolgere le università, gli enti di ricerca e anche gli affiliati, cioè quei soggetti appartenenti alla rete regionale di cui parlavo prima. Così abbiamo costruito una struttura progettuale che è risultata pienamente integrata nell'ecosistema esistente, capace di valorizzarne i punti di forza, ma senza sovrapporsi a ciò che già funzionava. L'obiettivo era fare un passo avanti e utilizzare questa opportunità per rafforzare e potenziare ciò che era già stato costruito, senza creare un sistema parallelo. Questo approccio si è

rivelato molto efficace, perché da un lato ha permesso di sfruttare un'importante quantità di risorse economiche nei tempi relativamente brevi (tre anni) previsti, dall'altro ci ha consentito di non partire da zero. Sul piano della ricerca, l'effetto più evidente è stato il rafforzamento della collaborazione tra gruppi di ricerca interateneo. Sul piano del trasferimento tecnologico e dell'innovazione si è potuto consolidare e ampliare il lavoro già avviato. Credo che il ruolo di ART-ER sia stato centrale e attraverso il costante coordinamento con le Università, il CNR e gli altri partner, oltre a lanciare nuove e importanti iniziative, abbiamo cercato di valorizzare le esperienze e i percorsi già sperimentati, sia da noi sia dalle Università. In alcuni casi li abbiamo replicati su scala più ampia, in altri li abbiamo potenziati, rafforzandone l'impatto sul territorio.

Dal punto di vista del trasferimento tecnologico, quali sono le principali iniziative che avete messo in campo all'interno del progetto?

Silverii: Il programma di trasferimento tecnologico e innovazione, previsto dal bando, si fonda su cinque pilastri: incubazione, accelerazione, open innovation, public engagement e training. Abbiamo quindi organizzato gruppi di lavoro dedicati a ciascun ambito, mobilitando moltissimi ricercatori. Anche noi, come ART-ER, abbiamo attivato competenze aggiuntive e grazie ai fondi del PNRR siamo riusciti a coinvolgere molti giovani: ragazze e ragazzi con competenze altissime, che hanno dato un contributo davvero significativo e che ci auguriamo possano continuare a lavorare sul nostro territorio. Ogni pilastro è stato coordinato da uno Spoke, quindi da un'università o dal CNR, con un gruppo di lavoro gesti-

to insieme a noi, ai ricercatori, ai colleghi delle università e agli affiliati della rete.

Ci sono state alcune esperienze particolarmente significative che vale la pena citare. Per quanto riguarda l'incubazione, abbiamo valorizzato l'esperienza dell'Università di Bologna con lo StartUp Day, un'iniziativa già consolidata con diverse edizioni alle spalle. Nel corso del progetto abbiamo deciso, insieme all'Alma Mater, di condividerla con gli altri atenei. ART-ER ha supportato questo scaling up, che ha permesso di ampliare la rete e moltiplicare le opportunità per i giovani innovatori. Un'altra esperienza che mi piace ricordare è quella legata al public engagement, tema su cui come ART-ER avevamo già lavorato in altri progetti, con la finalità di individuare soluzioni e percorsi di innovazione trasformativa partendo da sfide territoriali concrete. Ecosister ci ha offerto l'occasione di consolidare e ampliare questo approccio e di coinvolgere attori territoriali che non si erano ancora avvicinati al mondo dell'innovazione. Lavorare con i territori sul tema della transizione green è complesso, ma è una sfida molto coinvolgente. Naturalmente, i modelli di trasferimento sviluppati nel contesto della transizione green sono applicabili anche ad altri ambiti. Ma proprio la dimensione del public engagement, a mio avviso, ha fatto fare un salto di qualità sia ad ART-ER sia all'intero ecosistema, coinvolgendo attivamente i territori e stimolando un dialogo reale tra ricerca, innovazione e società. Inoltre, questa attività ha intercettato l'evoluzione della cosiddetta "terza missione" delle Università proprio verso un concetto più ampio di partecipazione e coinvolgimento delle comunità. Alcune iniziative hanno rappresentato sì un *deliverable* previsto dal progetto Ecosister, ma le abbiamo pensate fin dall'inizio con

una prospettiva di continuità, perché potessero restare operative anche dopo la conclusione del progetto. L'obiettivo, infatti, era che Ecosister lasciasse in eredità modelli, strumenti e modalità di collaborazione capaci di vivere oltre il PNRR. In questo senso, due esempi emblematici sono i percorsi avviati per la definizione di un incubatore universitario unico, partendo da Almacube dell'Università di Bologna e per l'ottimizzazione del processo di trasferimento tecnologico, che speriamo costituiscano un patrimonio stabile a disposizione dell'ecosistema regionale dell'innovazione.

Parlando delle complementarità, quali sono le principali modalità con cui Ecosister ha contribuito a potenziare e rafforzare l'ecosistema regionale dell'innovazione? In quali ambiti c'è stato un apporto particolarmente positivo?

Silverii: Il fatto di avere una cornice strutturata, dotata di risorse e con obiettivi e tempistiche ben definiti, ci ha permesso di lavorare in modo concreto e coordinato. Essendo un progetto con regole precise, Ecosister ha di fatto "aiutato" tutti a mettersi in gioco e a collaborare in modo efficace. Questo approccio ci ha consentito di raggiungere risultati significativi. La motivazione è stata alta fin dall'inizio, grazie anche allo stimolo del coordinatore nazionale del Ministero della Ricerca – il dottor Fabrizio Cobis – e grazie al confronto costante con il gruppo dei tre valutatori europei (ogni progetto di ecosistema era associato ad un gruppo di tre valutatori esterni), con cui abbiamo avuto un dialogo molto positivo. Di recente, durante una review di progetto, in particolare concentrata sui *deliverable* relativi al programma di trasferimento e innovazione, abbiamo ricevuto osservazioni molto incoraggianti: in effetti percorsi di

trasferimento tecnologico e innovazione così strutturati come quello di Ecosister non sono molto diffusi negli ecosistemi europei. È stato un riconoscimento che ci ha fatto davvero piacere. Ecosister è stato, per noi, un potente catalizzatore e ha rappresentato un vero e proprio impulso di crescita, un'opportunità che speriamo di riuscire a capitalizzare, proseguendo su questa strada anche oltre la durata del progetto. Un ammontare di finanziamento come quello di Ecosister ovviamente non è sempre disponibile, ed è per questo che è importante che le risorse siano impiegate per costruire valore che duri nel tempo.

La collaborazione tra soggetti diversi ha permesso anche di aggregare nuovi attori all'interno del sistema dell'innovazione regionale? C'è stata la possibilità di ampliare ulteriormente questo modello?

Silverii: L'ecosistema di innovazione regionale è stato costruito fin dall'inizio con un approccio inclusivo e la volontà è sempre stata quella di far emergere le energie di tutti i soggetti coinvolti. Negli ultimi anni la Regione ha investito molto nel dare spazio e visibilità a competenze diffuse, valorizzare realtà locali e coinvolgere in modo capillare tutti i territori. È un sistema già per sua natura aperto e inclusivo, e questo riflette pienamente la visione della Regione Emilia-Romagna, che ha cercato di non lasciare mai indietro nessun territorio. Ecosister ha aggiunto un ulteriore livello di apertura, coinvolgendo in modo più ampio anche il mondo universitario. Molti gruppi di ricerca che prima non erano parte della rete regionale, perché non erano coinvolti in un laboratorio o un centro interdipartimentale accreditato, hanno avuto l'opportunità di partecipare al progetto e quindi di essere integrati nel sistema

regionale dell'innovazione. In questo senso, Ecosister ha ampliato in modo significativo la collaborazione tra i gruppi di ricerca, creando nuove connessioni e sinergie. Anche sul piano territoriale abbiamo potuto consolidare e ampliare le relazioni esistenti. Abbiamo organizzato eventi e iniziative che ci hanno permesso di collaborare non solo con soggetti già attivi nel nostro ecosistema, ma anche con realtà esterne al nostro territorio. Il progetto ha offerto tante opportunità di confronto e scambio con gli altri ecosistemi territoriali italiani, favorendo l'ingresso di nuove energie e rafforzando ulteriormente l'apertura del sistema.

Sul tema della valutazione dell'impatto delle azioni realizzate, in particolare nel programma di trasferimento tecnologico, avete messo in campo strumenti o ricerche specifiche? Come misurate questo impatto?

Silverii: Una vera e propria valutazione d'impatto in senso stretto non è stata ancora realizzata. Quello che abbiamo però sono i dati, i numeri e un sistema di monitoraggio che ci permette di leggere e interpretare i risultati del progetto in modo strutturato. Abbiamo infatti impostato un sistema di monitoraggio che, oltre a raccogliere i dati del progetto, ha cercato di rileggerne tutti i *deliverable*, andando oltre la logica del bando e dei suoi criteri di valutazione. L'obiettivo è stato quello di incrociare i risultati ottenuti con le politiche regionali, in particolare con la Smart Specialisation Strategy della Regione, e con ciò che già si fa sul territorio. Abbiamo quindi costruito una lettura basata su una tassonomia precisa, analizzando il contenuto di ciascun risultato e associandolo a parole chiave che ci permettono, attraverso strumenti digitali, di ricollocarlo all'interno delle strategie e degli obiettivi territoriali. In

questo modo possiamo capire quanto ogni attività di Ecosister sia coerente con le priorità regionali relative alla transizione sostenibile e quale contributo concreto abbia dato allo sviluppo del sistema dell'innovazione. Credo che questo rappresenti una base solida per valutare la coerenza e il valore aggiunto di questo progetto, ma anche dei progetti futuri, rispetto alle politiche di sviluppo del territorio.

Riguardo al futuro, cosa potrà restare di questa esperienza?

Silverii: Credo che valga la pena riflettere su come il nostro sistema di innovazione per la transizione green, che ha ricevuto da sempre un'attenzione particolare da parte della Regione Emilia-Romagna, possa ora capitalizzare al meglio quanto fatto con Ecosister. Come abbiamo detto, la Regione ha sostenuto concretamente università, centri di ricerca, laboratori accreditati e cluster, anche attraverso le attività e il ruolo di ART-ER. Adesso penso che siamo pronti a fare un salto di scala, per rendere i nostri progetti più competitivi in un contesto europeo e internazionale che è cambiato molto e che ha reso il nostro lavoro, come quello di tutti, più complesso. La competizione globale è basata sulla capacità di innovare e di farlo il più velocemente possibile, senza dipendere a livello tecnologico da altre aree del mondo. Si parla infatti di sovranità tecnologica, concetto che richiama il rafforzamento della capacità del sistema europeo di sviluppare anche innovazione cosiddetta deep-tech, aprendo nuovi mercati e offrendo soluzioni disruptive a problemi esistenti, ma anche sviluppando prodotti europei in ambiti in cui la dipendenza da altre aree del mondo rende fragile il nostro posizionamento. Ecco, è su questo che credo che il nostro

sistema regionale, ricco di infrastrutture e competenze di eccellenza, possa dare un contributo.

In questo scenario, la nostra regione ha tutte le carte in regola per essere un hub strategico a livello europeo. Abbiamo un sistema di competenze molto elevato e infrastrutture di livello internazionale, come quelle del Tecnopolo DAMA di Bologna, che ci collocano al centro delle strategie europee su intelligenza artificiale e *big data*. Ecosister può dare un contributo sul tema della transizione green, mettendosi in relazione con tali infrastrutture, per creare massa critica e sviluppare progetti di scala più ampia, e anche per ottimizzare i processi e rendere più efficiente l'intera pipeline del trasferimento tecnologico. Partendo dai risultati di Ecosister, infatti, possiamo costruire un sistema di trasferimento più efficiente e coerente, che parta dallo scouting nei gruppi di ricerca fino alle fasi di scale-up dell'innovazione. Un sistema ottimizzato, capace di far emergere le idee più innovative e promettenti e di accompagnarle in modo strutturato, creando un ecosistema in grado di attrarre capitali e sostenere concretamente la crescita di queste iniziative. Ecosister ci ha permesso di fare un passo avanti, e credo che grazie anche ad ART-ER, che ha un ruolo centrale in questo salto di scala, possano essere valorizzate al meglio le competenze di eccellenza che il nostro territorio esprime.

Cosa sarà necessario fare, concretamente, per raggiungere questo obiettivo?

Silverii: Sarà necessario raccogliere e far fruttare l'eredità di tutto ciò che Ecosister ha creato. Bisogna dare continuità alla capacità di collaborazione e di massa critica soprattutto dal lato della

ricerca. Questo progetto ha dimostrato che i gruppi di ricerca di tutti gli atenei regionali possono lavorare insieme in modo efficace, creando valore collettivo. Penso che questo approccio possa continuare a dare un contributo importante, in particolare sul tema della transizione green, che rappresenta una delle sfide più rilevanti che abbiamo davanti. In parallelo, dovremo rafforzare ulteriormente il sistema di trasferimento tecnologico, partendo dai risultati e dalle ricerche che Ecosister ha prodotto, e dando concretezza a tutti gli step del processo di valorizzazione. In altre parole, dovremo continuare a rafforzare il percorso continuo che va dalla ricerca alla sua applicazione, mettendo a sistema competenze, relazioni e strumenti sviluppati.

Ecosister ha inoltre rappresentato un'opportunità per sottolineare ancora una volta l'importanza di lavorare per sfide, sovvertendo la logica, che forse ha segnato il passo, di finanziare progetti singoli, dalla visione settoriale, dalla portata cir-

coscritta e dall'impatto limitato. Ha, cioè, rappresentato una sfida nella sfida: quella della transizione ecologica, tema centrale, che è stato il pretesto e il quadro di riferimento per pensare a una trasformazione più profonda, interna all'ecosistema regionale dell'innovazione. Il progetto ha richiesto di concentrare gli sforzi su temi specifici, ambiti prioritari, obiettivi condivisi, modalità operative di collaborazione e risultati concreti, mettendo alla prova la capacità del sistema di agire in modo veloce, coordinato e orientato all'impatto. L'eredità che Ecosister lascia va oltre i risultati conseguiti, consiste nell'aver contribuito a rendere evidente che affrontare le grandi sfide della sostenibilità, ma non solo, significa anche promuovere un'evoluzione del paradigma nell'ecosistema regionale, necessario per competere a livello europeo e globale, che porti a concentrare gli sforzi di ricerca su alcuni temi prioritari, favorendo lo sviluppo di azioni per grandi missioni trasversali che tengano conto delle profonde trasformazioni in atto.



Governare complessità e risorse: la gestione di Ecosister tra ricerca e spesa

Intervista a Marco Degani

Marco Degani è Direttore Esecutivo e Program Research Manager di Fondazione Ecosister.

Come è nato il progetto Ecosister? Qual è stata la sua genesi e quali le fasi iniziali di avvio, dal punto di vista della Fondazione?

Degani: Il progetto Ecosister ha preso avvio nel 2022, con la pubblicazione del bando emanato dal Ministero dell'Università e della Ricerca. In quel periodo ricoprivo il ruolo di dirigente all'Università di Bologna, nell'Area Rapporti Imprese, Terza Missione e Comunicazione (AR-TEC) e sono stato direttamente coinvolto nel supporto alla progettazione di Ecosister. Ricordo quel momento come una fase di grande lavoro collettivo e di intensa collaborazione tra i vari soggetti coinvolti. Fin dall'inizio, la fase di progettazione è stata molto impegnativa, perché si trattava di organizzare in poco tempo un progetto estremamente complesso, con tanti attori diversi da coordinare. Le riunioni erano frequenti e serrate, i tempi molto stretti, e c'era una grande mole di dati, informazioni e obiettivi da tradurre in un progetto concreto e coerente. Come Università di Bologna avevamo anche il compito di curare l'invio formale del progetto al Ministero, e la mia area è

stata quella che si è occupata della presentazione ufficiale. Ricordo bene quella fase proprio per la necessità di mettere a fattor comune soggetti molto diversi tra loro, sia per cultura organizzativa, sia per dimensioni e missione. È stato da subito un esercizio che ha richiesto capacità di sintesi, coordinamento e gestione di una complessità significativa, ma anche un forte spirito di collaborazione tra tutti i partner coinvolti.

Parliamo della prima fase, quando è stata costituita la Fondazione e avete iniziato a orchestrare e coordinare soggetti diversi. Com'è stato, dal punto di vista organizzativo, l'avvio del progetto?

Degani: La fase di avvio del progetto ha comportato la gestione in parallelo di due aspetti fondamentali. Il primo riguardava l'avvio vero e proprio delle attività previste, che erano state progettate congiuntamente tra i partner. In parallelo, però, abbiamo dovuto anche costituire la Fondazione, che è stata creata *ad hoc* per la gestione del progetto. Formalmente, la Fondazione è nata l'8 giugno 2022 e, in quella data, avevamo soltanto lo statuto: tutto il resto andava costruito da zero, mentre le attività progettuali dovevano già partire. Di fatto, quindi, abbiamo do-

vuto affrontare due processi complessi in contemporanea, impegnativi ma essenziali per dare una base solida al progetto.

Fin da subito avete avuto rapporti con realtà diverse o, inizialmente, il lavoro ha coinvolto soprattutto le università? In seguito, come si sono sviluppate le relazioni con il mondo delle imprese?

Degani: Nella fase iniziale il lavoro ha coinvolto principalmente quelli che poi

sono diventati gli Spoke, cioè i quattro atenei e il CNR. Successivamente, il progetto ha richiesto di estendere la collaborazione a tutti i partner, che complessivamente sono 23. Già tra ottobre e novembre del 2022 avevamo stabilito contatti con tutti e iniziato un vero coordinamento complessivo del progetto. Si trattava di partner con culture organizzative, tempi e linguaggi molto diversi, per cui è stato necessario fin da subito trovare un equilibrio tra l'indirizzo stra-



tegico e la capacità di mediazione. La prima grande sfida è stata quindi quella di definire una governance partecipata ma anche efficace. Ci siamo riusciti grazie al fatto che sia la componente di ricerca sia quella amministrativa hanno riconosciuto nell'hub il punto di riferimento e di intermediazione con il Ministero. Questo ruolo lo abbiamo interpretato fin dall'inizio, cercando di costruire una relazione operativa solida ed efficiente.

La componente amministrativa sin dall'inizio ha permesso al progetto di avviarsi

con una "navigazione" stabile e rassicurante. Ricordo bene una delle primissime riunioni, tra Natale e Capodanno 2022-2023: dovevamo avviare alcune attività amministrative e contabili fondamentali, e si collegarono 25 persone, in rappresentanza di tutti gli enti. Fu un segnale molto positivo, perché dimostrò l'impegno e la motivazione di tutti i partecipanti. Non è affatto scontato trovare, in quel periodo dell'anno, una tale disponibilità, e molti si collegarono anche durante le vacanze. È stato un gesto che testimoniò fin da subito il forte coinvolgimento e il

senso di appartenenza al progetto. Voglio anche ricordare che, fin dall'inizio, ho potuto contare sul costante e infaticabile supporto delle mie colleghe Laura Morigi e Federica Ruggia, che hanno seguito passo dopo passo la realizzazione di un progetto così complesso; del Presidente della Fondazione, professor Maurizio Sobrero, che è sempre stato per me un solido punto di riferimento; degli Spoke Leader, con i quali si è creata da subito una grande sintonia; del personale amministrativo degli Spoke e degli Affiliati; e di tutto il personale di Art-ER. È stato un lavoro di

squadra straordinario. Il rapporto con le imprese si è instaurato in una fase successiva, quando abbiamo progettato, insieme agli Spoke, i bandi a cascata e si è andato poi consolidando nel corso del tempo.

Entrando nel merito del metodo di lavoro adottato una volta che il progetto è arrivato a regime, come funzionava l'organizzazione? In particolare, quanto le proposte provenivano dalle università e dai diversi Spoke e quanto invece il progetto ha funzionato come stimolo per sviluppare nuove idee e nuove progettualità?

Degani: Personalmente, nel progetto ho un ruolo che mi impegna sia sul versante scientifico sia su quello amministrativo, in particolare per l'avanzamento della spesa, il monitoraggio e la rendicontazione. Sul piano amministrativo e della rendicontazione abbiamo cercato fin da subito di adottare un metodo che, nelle situazioni complesse, si rivela molto utile: creare modelli e routine operative condivise. Man mano che si chiarivano le regole di rendicontazione, abbiamo costruito processi partecipati ma al tempo stesso chiari e rigorosi, anche dal punto di vista delle scadenze. Seguendo una raccomandazione del RUP del Ministero, il dottor Fabrizio Cobis, ci siamo organizzati per effettuare rendicontazioni molto frequenti, ogni 15 giorni, con una cadenza regolare che si è rivelata fondamentale. Non tutti i partner rendicontavano ogni due settimane, ma la maggior parte lo faceva almeno una volta al mese. Questo ritmo costante di lavoro ha "allenato" il sistema a occuparsi con continuità di una fase cruciale come quella amministrativa e contabile, contribuendo a mantenere il progetto in equilibrio e sotto controllo. Anche in questo caso devo sottolineare l'encomiabile impegno di tutte le strutture amministrative coinvolte nella ge-



stione del progetto. Sul lato scientifico, abbiamo seguito un programma definito fin dall'inizio e strutturato in *deliverable*, ossia in output tangibili del progetto. Il loro numero inizialmente spaventava, perché erano 468 in totale, ciascuno con una propria scadenza. Ma questa organizzazione puntuale e capillare si è rivelata molto utile per gestire in modo ordinato l'avanzamento del progetto e per consentire a tutti i ricercatori di lavorare con obiettivi chiari e condivisi.

La rendicontazione frequente e il rispetto della pianificazione scientifica originaria hanno fatto la differenza. Su entrambi i fronti siamo stati supportati dal RUP, per la parte economica, e dagli Esperti Tecnico-Scientifici, che ci hanno fornito indicazioni qualitative preziose per migliorare il progetto. Devo dire che, nel tempo, Ecosister è effettivamente migliorato. Alcuni interventi non erano previsti all'inizio, ma sono nati proprio dalle raccomandazioni del panel di valutazione. Un esempio è il bando interno che abbiamo lanciato, riservato ai soli partner di Ecosister, per favorire collaborazioni interdisciplinari. È stato un segno concreto di come il progetto abbia saputo evolversi e diventare un laboratorio di innovazione gestionale e scientifica.

A livello regionale, un progetto come Ecosister come può lasciare in eredità delle buone pratiche destinate a durare nel tempo? Alcuni degli accorgimenti adottati possono essere utili anche al di fuori del progetto?

Degani: Sì, credo che una delle cose più importanti da portare nel futuro, soprattutto nei progetti complessi con molti partner, sia l'attenzione costante ai dati prodotti dal progetto. Questo continuo monitoraggio *in itinere*, molto puntuale sia sull'avanzamento della spesa sia

su quello della ricerca, può diventare un modello per le iniziative future. Per anni eravamo abituati a rendicontare una sola volta l'anno, anche in progetti di tre anni di durata, limitandoci a pochi momenti di verifica. Questo approccio, a lungo andare, non fa crescere né le organizzazioni né le persone. Un modello invece più manageriale, che osserva il progetto quotidianamente, affronta i problemi in tempo reale e li considera non come casi isolati ma come possibili criticità di sistema, consente di intervenire in modo più efficace. Quando abbiamo riscontrato difficoltà comuni siamo intervenuti con azioni mirate: formazione, consulenze specifiche, o soluzioni condivise che hanno aiutato tutti i partner. Questi interventi sono possibili solo se si è con la testa dentro al progetto ogni giorno. Questo approccio manageriale, che il PNRR ci ha spinto a adottare, ha fatto crescere molto le organizzazioni coinvolte. Ed è un metodo che vorrei continuare a utilizzare in futuro. Certo, probabilmente non mi capiterà più di gestire un progetto da 110 milioni di euro in tre anni, ma anche in un progetto da 5 o 10 milioni adotterei lo stesso modello, adattandolo alle dimensioni. Ecosister è stato il progetto più grande e complesso che abbia mai seguito, e ci ha insegnato molto dal punto di vista gestionale.

Sul piano della ricerca ci sono due elementi che considero un'eredità preziosa. Il primo è la mentalità *open access* e *open science*: tutti i risultati del progetto Ecosister sono pubblicati sul sito web ufficiale, organizzati in modo che siano facilmente accessibili. Per ogni attività è indicato chi l'ha realizzata e come contattare direttamente il ricercatore. Quasi tutte le pubblicazioni sono in *open access*, in modo che la comunità scientifica e i cittadini possano consultarle liberamente. Il se-

condo elemento è l'interdisciplinarietà. Le sfide legate alla transizione ecologica e digitale richiedono competenze diverse che lavorino insieme. Quando abbiamo realizzato progetti mettendo in rete ricercatori di ambiti differenti, la qualità delle soluzioni è immediatamente cresciuta, diventando più solida e più scalabile. Un progetto come Ecosister mostra come la trasparenza, la condivisione dei risultati e la multidisciplinarietà siano la chiave per affrontare con successo le grandi sfide del nostro tempo.

Per quanto riguarda il rapporto con le imprese e il tema del trasferimento tecnologico, come è stato affrontato finora?

Degani: Grazie ad una solida e proficua collaborazione con ART-ER, abbiamo sviluppato un programma molto ampio di trasferimento tecnologico che definirei un vero e proprio programma di Terza Missione, perché ha incluso anche attività di *public engagement*. Le iniziative, che hanno visto il coinvolgimento diretto delle imprese, sono state numerose e molti dei percorsi ideati nell'ambito del progetto possono essere considerati esperienze da portare avanti nel tempo. Mi piacerebbe che alcune di queste attività, particolarmente apprezzate dal mondo delle imprese, trovassero un modo per essere riproposte in futuro. Sono state esperienze che hanno agito come veri e propri moltiplicatori di relazioni, creando connessioni nuove e durature tra il mondo della ricerca e delle università e quello produttivo. Spesso tra questi due mondi esiste una barriera comunicativa per i linguaggi e i tempi diversi, ma anche per le priorità differenti. Il progetto ha proposto forme di dialogo e strumenti di interazione che hanno contribuito ad abbattere quella distanza, creando uno spazio di collaborazione efficace. Immagino

che, con il programma di trasferimento tecnologico in corso, potremo approfondire ulteriormente queste misure, ma già ora posso dire che molti dei modelli sperimentati si sono dimostrati vincenti e replicabili.

Considerando il gran numero di soggetti coinvolti – università, centri di ricerca, Spoke tematici su energia, materiali, mobilità, dati e così via – avete messo in campo buone pratiche per garantire equilibrio e collaborazione, evitando che una parte pre-valessse sulle altre?

Degani: Un aspetto importante è stato il lavoro di coprogettazione che abbiamo portato avanti con i colleghi amministrativi dei diversi partner. In molti casi abbiamo davvero lavorato insieme, condividendo le scelte e le soluzioni. Un esempio significativo riguarda i bandi a cascata per le imprese, una delle principali novità introdotte dal PNRR. Gli Spoke sono stati infatti chiamati a pubblicare bandi rivolti a imprese ed enti di ricerca, a ricevere le proposte progettuali, valutarle, gestirne l'erogazione dei finanziamenti e poi seguirne la rendicontazione. Si è trattato di un cambiamento di ruolo importante: le università, tradizionalmente destinatarie di bandi, si sono trovate a essere promotrici e a gestire i bandi stessi. Questi bandi erano complessi, perché comportavano la gestione di temi delicati come la disciplina sugli aiuti di Stato alle imprese, la definizione dei criteri di valutazione, la selezione dei progetti e, successivamente, il monitoraggio e la rendicontazione delle attività. Tutto questo lavoro, però, è stato svolto in modo condiviso. Io stesso ho proposto una bozza iniziale dei testi, che poi abbiamo migliorato collettivamente con il contributo di tutti.

Penso che questa modalità sia stata uno degli elementi di successo della nostra gestione. Non abbiamo calato dall'alto soluzioni predefinite, ma costruito insieme strumenti e processi in un vero esercizio di coprogettazione, basato su riunioni frequenti, discussioni e verifiche continue. Abbiamo organizzato incontri collettivi periodici, ma anche riunioni individuali con ciascuno Spoke e con gli affiliati. Inoltre, tutti i partner di Ecosister, inclusi gli affiliati e, in alcuni casi, anche le imprese coinvolte nei bandi a cascata, sapevano di poter contattare in qualsiasi momento lo staff della Fondazione per segnalare problemi o criticità. Quando questo accadeva, ci attivavamo subito per trovare una soluzione: a volte serviva un'autorizzazione del Ministero, altre volte era necessario consultare un esperto esterno, ma spesso riuscivamo a rispondere direttamente. Questo approccio aperto e collaborativo ha contribuito a mantenere il progetto coeso, valorizzando la partecipazione di tutti.

Ecosister è un progetto che si concentra principalmente sul territorio emiliano-romagnolo, un contesto con caratteristiche specifiche e un ecosistema di innovazione già consolidato. Qual è stato invece il rapporto con il resto d'Italia, sia con progetti simili o "gemelli" di Ecosister, sia con i soggetti esterni alla regione – penso, ad esempio, ai bandi a cascata che hanno coinvolto anche imprese del Sud?

Degani: Grazie per la domanda, perché è un aspetto importante che abbiamo affrontato fin da subito. Lavorando da tanti anni nel mondo universitario, quando ho assunto questo nuovo ruolo ho sentito subito la necessità di confrontarmi con colleghi che ricoprivano funzioni analoghe in altri progetti. Alcuni li conoscevo già, altri li ho incontrati via via, e con loro



abbiamo creato un legame, un gruppo informale di confronto tra gli hub. Questo scambio è stato prezioso, perché, come dicevamo, l'hub era una struttura nuova, tutta da costruire. Confrontarci su come impostare la governance, sugli adempimenti da rispettare e su tanti aspetti gestionali ci ha permesso di prendere spunto da chi era più avanti o, viceversa, di condividere le nostre esperienze quando eravamo noi ad aver già affrontato certi passaggi. Il confronto è stato costante anche su temi pratici come la rendicontazione: all'inizio molte regole non erano ancora del tutto definite o avevano interpretazioni diverse, e lavorare insieme ci ha aiutato a chiarirle e a trovare soluzioni comuni. Ritengo che questo sia un risultato importante, perché ha creato relazioni che resteranno anche oltre il PNRR. Con molti di questi hub si sono già avviate collaborazioni, e sono convinto che in futuro si potrà fare ancora di più insieme.

Per quanto riguarda i bandi a cascata rivolti anche al Sud, è vero che inizialmente Ecosister non era pensato per operare oltre i confini della Regione Emilia-Ro-

magna. Tuttavia, è emersa la necessità di ampliare il raggio d'azione e ci siamo impegnati in una comunicazione mirata anche verso altre regioni, dove in origine non avevamo previsto di arrivare. È stata una fase impegnativa ma molto positiva: le imprese del Sud che hanno partecipato stanno ottenendo risultati di grande interesse e valore. Inoltre, si sono create relazioni che potranno proseguire anche dopo la conclusione del finanziamento PNRR, contribuendo ad allargare l'impatto di Ecosister oltre il suo territorio d'origine.

Riprendendo quanto si diceva prima sui deliverable e sull'avanzamento della spesa, si può fare un bilancio dei risultati raggiunti e delle prospettive per il futuro, una volta terminato il progetto?

Degani: Avendo monitorato in parallelo sia l'avanzamento scientifico sia quello della spesa, posso dire che inizialmente la ricerca era davanti alla spesa: i deliverable venivano prodotti con regolarità e linearità, mentre la rendicontazione economica era un po' indietro. È un fenomeno fisiologico, comune in tutti i progetti, ma ciò che mi

ha dato conforto è stato constatare che, col tempo, le due componenti si sono allineate. Da diversi mesi, infatti, avanzamento scientifico e finanziario procedono su livelli sostanzialmente equivalenti. Per quanto riguarda i risultati, credo che il bilancio sia molto positivo. Sono particolarmente orgoglioso del lavoro fatto nell'interpretazione dei deliverable (ciascuno, considerato singolarmente, è lungo circa 60 pagine, e moltiplicato per 468 ne risultano migliaia). Fin dall'inizio abbiamo applicato una chiave di lettura che rendesse i risultati più chiari, immediati e fruibili. Oggi sul sito del progetto sono disponibili circa 300 linee di ricerca, ognuna associata a un risultato: prototipi, dimostratori, linee guida. Abbiamo quindi una piattaforma di risultati facilmente consultabile, che rappresenta anche una base solida per il futuro.

Guardando avanti, contiamo di utilizzare questo lavoro di interpretazione dei risultati per nuovi progetti e progettazioni. Conosciamo i ricercatori, le competenze, i clienti, le risorse di partenza e possiamo metterli in rete. Abbiamo tutti gli ingredienti per sviluppare nuove iniziative. La sfida sarà passare da un ruolo di gestione di un programma già strutturato e con risorse significative a un approccio più esplorativo, su altre linee di finanziamento, pur mantenendo una nostra connotazione tematica: la transizione ecologica e sostenibile. Sostanzialmente, il compito dello staff di management della Fondazione sarà quello di coordinare numerosi microprogetti di dimensioni diverse sotto un unico cappello tematico, costruendo un ecosistema stabile, sostenibile e duraturo nel tempo. Una volta terminate le risorse PNRR, la sfida sarà anche trovare i finanziamenti per sostenere questa comunità di persone. Ci concentreremo su come attrarre risorse, partecipare o coordinare progetti coerenti con il tema

La gestione del PNRR e la sfida del miglioramento della pubblica amministrazione

Intervista a Fabrizio Cobis

Fabrizio Cobis è Dirigente della Direzione generale della ricerca per la programmazione dei finanziamenti e per l'innovazione del Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR).

Quali sono state le priorità strategiche che il Ministero ha voluto tradurre nella Missione 4, Componente 2 del PNRR e in che modo si è cercato di coniugare obiettivi nazionali e indirizzi europei?

Cobis: Quando, ormai circa cinque anni fa, si è avviata la possibilità di utilizzare le ingenti risorse che il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza metteva a disposizione per ricerca e innovazione – in particolare con la Missione 4, Componente 2 – l'obiettivo fondamentale era già indicato nel titolo stesso della misura: “dalla ricerca all'impresa”. In questo contesto, si è voluta concentrare l'attenzione su interventi mirati a settori specifici, avanzati e competitivi, per favorire il più possibile l'incontro tra il mondo della ricerca e quello dell'impresa, tra chi produce conoscenza e chi la trasforma in valore economico, accompagnando questo percorso in modo rapido e di alta qualità. Il meccanismo è stato costruito con tre canali principali. Il primo è quello dei Centri Nazionali, cinque grandi poli de-

dicati a mobilità sostenibile, agricoltura biologica, biodiversità, high-performance computing (quest'ultimo con sede a Bologna, presso il laboratorio dell'INFN). Il secondo è quello dei partenariati estesi, anch'essi molto verticali e strategici. Basti pensare al partenariato sulle malattie infettive, nato subito dopo la pandemia da Covid-19, a testimonianza della volontà di rafforzare la ricerca per affrontare e prevenire situazioni simili. Il terzo canale è quello degli ecosistemi dell'innovazione, dedicato a valorizzare le competenze territoriali. Qui si è chiesto a regioni o macroregioni di individuare vocazioni tecnologiche e integrare soggetti pubblici e privati, coniugando radici territoriali e respiro internazionale.

Questi strumenti vanno letti in combinazione. I Centri Nazionali e i partenariati, più verticali, e gli ecosistemi, più orizzontali, rispondono a una delle richieste più forti dell'Unione Europea, ovvero l'incrocio tra competenze diverse e l'avvicinamento tra pubblico e privato su temi altamente competitivi e sfidanti a livello globale. È un modello di intervento che si è rivelato vincente e devo dire che le intuizioni alla base di questa impostazione sono state confermate. I risultati, valutati periodicamente da esperti internazio-

li indipendenti, mostrano che la scelta è stata corretta. Tra i vari esempi c'è ovviamente Ecosister, che non è l'unico progetto ma è emblematico, poiché con radici a Bologna e in Emilia-Romagna, porta avanti una visione e una prospettiva che va ben oltre i confini nazionali. Basta osservare nel dettaglio quanto è stato prodotto finora per rendersene conto.

La misura di cui abbiamo parlato ha avuto un impatto molto rilevante sul sistema uni-

versitario e della ricerca, anche in termini di risorse senza precedenti mobilitate. Qual è stata la visione di medio e lungo periodo che ha orientato le scelte del Ministero nella fase di progettazione?

Cobis: A tutti i candidati che risposero al bando fu chiesto di costruire programmi particolarmente ambiziosi. La dimensione finanziaria era molto significativa. Per gli ecosistemi, ad esempio, ogni proposta doveva valere tra i 100 e i 120 milioni di





euro. Inoltre, ciascun programma doveva obbligatoriamente coinvolgere circa 20-25 soggetti, tra pubblici e privati, affrontando temi differenti. Non si trattava solo di ricerca o innovazione, ma anche di formazione, trasferimento tecnologico, creazione di nuove iniziative territoriali innovative. Insomma, un'agenda ampia, ben coordinata e combinata, sostenuta dalla disponibilità di risorse ingenti da spendere in un tempo molto breve (tre anni per gli ecosistemi). Questa era una caratteristica voluta e imposta dal PNRR. Parliamo di una missione che, nella sola Componente 2, contava 5 miliardi di euro. Sono stati finanziati 30 programmi progettuali, tra cui Ecosister, con obiettivi di medio e lungo periodo molteplici e convergenti: generare nuovi prodotti e servizi, formare nuove competenze, assumere ricercatori da inserire nel mondo pubblico e privato. Grazie alle risorse del PNRR sono stati reclutati quasi 8.000 giovani ricercatori. Oggi resta il tema di capire quale sarà il loro futuro, ma intanto sono state create vere e proprie "palestre" in cui questi talenti hanno potuto misurarsi su tematiche cruciali. Gli obiettivi però non si esauriscono con la fine dei programmi, e anche se il finanziamento del PNRR terminerà a febbraio 2026, le fondazioni nate da queste iniziative, come Ecosister, hanno davanti ancora molto lavoro e continueranno a svolgere attività significative. Sono ormai attori fondamentali del sistema della ricerca e dell'innovazione. In particolare, proprio gli ecosistemi si candidano a diventare punti di collegamento tra politiche regionali e nazionali, in un'ottica di collaborazione corretta tra centro e periferia.

Sempre guardando al processo di definizione, quali sono stati i principali nodi critici o i compromessi più significativi che avete dovuto affrontare per costruire uno strumento

efficace, condiviso a livello di governo e con le comunità scientifiche?

Cobis: Se torno con la memoria alla fase di uscita dei bandi, quando si chiese alla comunità scientifica e industriale di collaborare per costruire le proposte, ricordo un periodo molto effervescente. Il bando sugli ecosistemi, come dicevo, richiedeva la formazione di squadre composte da circa 25 soggetti. Questo significava dover selezionare accuratamente i partecipanti, scegliere i migliori, anche a costo di non soddisfare tutti. Si aprì così una competizione vera e propria e i 30 progetti finanziati non furono certo gli unici presentati; molti non superarono la valutazione scientifica. La prima sfida, quindi, fu quella di saper costruire squadre vincenti. Lo sottolineo perché nel nostro Paese non è semplice fare selezione, dire dei "no" e selezionare solo alcuni partner.

La seconda criticità emerse subito dopo l'approvazione dei progetti, con la necessità di spendere rapidamente le risorse, perché mettere insieme la qualità della ricerca con la rapidità della spesa non è stato semplice. Il PNRR ci chiedeva di fare le cose bene e in tempi stretti, mentre il sistema della pubblica amministrazione italiana è abituato a procedere molto più lentamente. Abbiamo imparato che un'attività fatta bene ma troppo lentamente equivale a un'attività fatta male. Qui invece bisognava garantire qualità e velocità insieme. I numeri oggi parlano chiaro: a pochi mesi dalla conclusione, l'avanzamento della spesa ha già superato il 75%: su 5 miliardi, sono stati spesi circa 3,5 miliardi. Per la mia esperienza, in oltre trent'anni di lavoro non ricordo programmi di queste dimensioni arrivare a un livello simile in soli due anni e mezzo. E non si parla di piccoli progetti ma di interventi da 120 milioni di euro, con

25 soggetti diversi, ciascuno con regole, culture e procedure proprie.

La vera sfida è stata capire che non si trattava di programmi di spesa, ma di performance. Conta la qualità dei risultati, non solo la rapidità nell'utilizzare i fondi. All'inizio non è stato facile far passare questo concetto, ma oggi i dati ci confortano. Credo che in questi tre anni sia cambiata la mentalità di molti, ed è forse il lascito più significativo di questo intervento. Abbiamo sperimentato un modello di lavoro nuovo e difficilmente si tornerà indietro. Anche per noi, come Ministero, è stata una strada inedita, costruita passo dopo passo insieme a università, enti, aziende, amministrativi e ricercatori. Una comunità che si è messa in cammino e che, a mio avviso, ha raggiunto risultati molto importanti e significativi.

Abbiamo parlato dell'ideazione e della trasformazione delle strategie in azioni. In questa fase c'è stato anche un cambiamento del ruolo del Ministero, che ha fornito strumenti di governance, monitoraggio e supporto. Dal punto di vista gestionale, quali strumenti avete adottato per garantire l'avanzamento dei progetti in coerenza con gli obiettivi del PNRR?

Cobis: Questo è un punto molto significativo della nostra esperienza. Noi siamo partiti da un ragionamento semplice: avevamo cinque miliardi da spendere in tre anni e serviva un sistema che consentisse al Ministero, nel suo ruolo tipico di gestore, coordinatore e controllore, di aiutare davvero a raggiungere questo risultato. La prima consapevolezza è stata che non potevamo più lavorare secondo i modelli passati, basati solo sull'applicazione di procedure. Le regole ci sono e rimangono, ma l'amministrazione tra-

dizionalmente si limita a seguire un iter lineare, secondo cui a un passaggio ne segue un altro e così via. Questo sistema però, negli anni, si è rivelato inefficiente, perché tende a produrre ritardi e rigidità. Nel mondo della ricerca e dell'innovazione questo non è accettabile. Abbiamo quindi scelto di spostarci dalla mera gestione delle procedure alla gestione dei dati. Tutti i soggetti coinvolti nei progetti accedono a una piattaforma costruita con Cineca e inseriscono quotidianamente dati di spesa e di avanzamento, informazioni che il sistema raccoglie, rielabora e organizza in modo da renderle subito utilizzabili. Il punto non è il dato in sé, ma come viene trattato. Deve entrare da una parte e finire in diversi "cassetti" che servono a capire realmente come stanno andando le cose.

In questo modo abbiamo potuto monitorare giornalmente i progetti. Non si trattava più di un monitoraggio *ex post*, come tradizionalmente avveniva, ma di un monitoraggio in tempo reale, che ci ha permesso di anticipare i problemi. È come il cruscotto di un'auto: se si accende una spia, intervieni subito, prima che il guasto diventi grave. Questo si è tradotto anche in interlocuzioni costanti. Con Fondazione Ecosister, ad esempio, ci incontriamo ogni settimana, con ulteriori momenti di approfondimento mensili o trimestrali. Se prima eravamo soggetti passivi che osservavano dall'esterno, ora entriamo nella cabina di regia, analizziamo i dati e prendiamo insieme le decisioni. A maggio, quando mancavano pochi mesi alla conclusione, abbiamo chiesto a tutti i progetti di disegnare un percorso previsionale di spesa mensile. Lo abbiamo monitorato come se fosse una mappa di navigazione: se fai i passaggi previsti arrivi a destinazione, se no bisogna correggere subito la rotta. Il



passaggio a una piattaforma di business intelligence è stato inoltre decisivo, perché in quel modo i dati vengono inseriti, rielaborati e resi leggibili in tempo reale. Così conosciamo tutto di ciascun progetto e possiamo sempre avere la percezione della situazione. Senza un modello simile, chiudere in tre anni sarebbe stato impossibile e oggi non saremmo al 75% di avanzamento della spesa. Si tratta di un cambiamento culturale, in quanto lavorare sui dati significa essere orientati ai risultati e non agli adempimenti formali. Questo approccio, nato per l'urgenza del PNRR, dovrebbe diventare la regola ogni volta che si gestiscono risorse pubbliche. Contano la performance e la capacità di produrre risultati in tempi certi. Chi fa ricerca lo sa bene dato che, se perde tempo, magari perché non arriva un reagente, rischia che un competitor internazionale lo superi rapidamente. Personalmente, sono molto soddisfatto di quello che è stato fatto. Naturalmente si può sempre migliorare, e molto, ma credo che il cambio di metodo sia stato un passo fondamentale.

Nel corso della realizzazione, questo modello vi ha permesso anche di affrontare fattori critici implementando misure correttive o fornendo un supporto particolare?

Cobis: Certo. Il punto è proprio questo: se ogni giorno sappiamo a che punto è un progetto, abbiamo la possibilità di intervenire tempestivamente. Per esempio, sappiamo che Ecosister è uno dei progetti che meglio ha interpretato il nuovo paradigma di cui parlavo e questo lo dimostrano le percentuali relative al suo avanzamento. Chiaramente i soggetti coinvolti hanno ciascuno un proprio livello di avanzamento e sappiamo bene che, in una squadra, è chi gioca male a trascinare in basso gli altri, non il contrario. Se ho un compagno di squadra che

rallenta, anche i migliori finiscono per essere penalizzati. Lo stesso vale qui: se un soggetto arranca, la "spia" si accende. E se quella difficoltà non viene risolta, prima o poi rallenta l'intero gruppo. A quel punto bisogna capire il problema ed eventualmente intervenire in maniera più drastica per arrivare fino in fondo.

In diversi casi siamo intervenuti con rimodulazioni, spostamenti di budget, riduzioni o sostituzioni. Quando un componente della macchina faticava, non potevamo permetterci di ignorarlo e avendo la possibilità di monitorare in tempo reale, era nostro dovere agire. Non possiamo arrivare a febbraio 2026 e solo dopo accorgerci che qualcosa non ha funzionato. Questo, secondo me, è stato il vero cambio di passo del Ministero, cioè quello di non limitarsi a erogare risorse, ma esercitare una forma di co-gestione, perché siamo noi a dover rendere conto alla Commissione Europea sull'utilizzo dei fondi. E sappiamo bene anche quante discussioni ci siano state, e quante ancora ci siano, sul PNRR, sui tempi, sulle risorse non utilizzate o sprecate. Io non so quante misure del PNRR complessivo a cinque mesi dalla scadenza siano state già vicine all'80% di spesa. Quello che so è che noi lo abbiamo fatto. Ho gestito tanti interventi finanziati con risorse pubbliche in decenni di lavoro e sono convinto che se ci si limita ad assistere allo sviluppo di una procedura, questa da sola non procede. I progetti camminano se ci sono stimoli, richiami, severità e credibilità da parte di chi li guida. È questo che fa funzionare le cose.

Guardando a questa esperienza, quali sono le lezioni apprese in termini di governance, collaborazione tra istituzioni e capacità di spesa, anche in vista dei futuri programmi nazionali ed europei?

Cobis: La prima lezione è che, quando si parla di programmi finanziati con risorse pubbliche – in particolare in ricerca e innovazione – chi fa ricerca non può prescindere da un dialogo corretto e costante con chi si occupa della parte amministrativa e gestionale. E vale anche il contrario. Sono due linguaggi diversi, ma devono capirsi e sostenersi a vicenda. Il ricercatore che vuole acquistare un bene deve conoscere le regole che ne consentono l'acquisto in modo corretto. Allo stesso modo, l'amministrazione deve essere consapevole delle esigenze della ricerca e delle tempistiche, che sono decisive. In questo senso, abbiamo imparato che il tempo è un fattore determinante, perché fare le cose bene e velocemente è ciò che rende competitivi. Farle bene ma troppo lentamente equivale, di fatto, come dicevo, a farle male. Questa è forse la lezione più importante, che però deve ancora radicarsi pienamente, soprattutto sul piano amministrativo. Le regole e le procedure sono necessarie, ma da sole non bastano, perché una procedura ha senso solo se produce un risultato e un impatto concreto. E se non lo fa, va cambiata. Faccio spesso un esempio: se davanti a me c'è un muro e io continuo a spingerlo con forza, sto rispettando la procedura, ma il muro non si sposta. Posso anche seguire alla perfezione tutti i passaggi previsti, ma se il risultato arriva troppo tardi, non serve a nulla.

Questo ci porta anche al tema della responsabilità: nei processi troppo lunghi, con tanti attori coinvolti, alla fine se qualcosa va male non è mai colpa di nessuno. Ecco perché insisto sul fatto che il PNRR sia un programma di performance e non di sola spesa. Ci è stato chiesto di lavorare sui risultati, e i risultati vanno raggiunti. Se non li raggiungi, significa che stai svolgendo male il tuo lavoro, a prescin-

dere dal rispetto formale delle procedure. Certo, resta aperto un tema importante relativo alle valutazioni che ancora vengono svolte prendendo in considerazione più la correttezza dell'adempimento che l'impatto reale. Eppure, in altri contesti internazionali, quando si valuta una persona o un progetto, si chiede che cosa sia cambiato al termine del lavoro svolto. Il PNRR, da questo punto di vista, è stato una sfida enorme. E se è vero che molto è stato fatto, dobbiamo ancora imparare a migliorarci, soprattutto nella capacità di trasformare regole e procedure in risultati tangibili.

In vista della conclusione del PNRR, quali strumenti o percorsi state immaginando per garantire la continuità dei risultati raggiunti ed evitare che le competenze costruite vadano disperse?

Cobis: Intanto abbiamo potuto utilizzare risorse europee destinate al Mezzogiorno – i fondi strutturali – per dare continuità ad alcune progettualità del PNRR, permettendo lo sviluppo di nuove attività con un'attenzione particolare proprio alle regioni meridionali. In questo quadro, ad esempio, Ecosister ha presentato nuovi progetti e ha trovato occasioni di collaborazione con altri ecosistemi, come quelli della Lombardia e della Calabria. Pur mantenendo la propria identità, diversi soggetti hanno cominciato a creare convergenze e connessioni. Significa che, oltre a lavorare bene al proprio interno, hanno iniziato a costruire ponti tra ecosistemi diversi. Allargando la massa critica e la rete di competenze, aumentiamo la competitività del sistema nel suo complesso.

Dal punto di vista normativo, è stato anche previsto un fondo dedicato a premiare le fondazioni e gli hub più virtuosi,

sulla base di criteri di performance. Non si tratta solo di finanziare progetti specifici, ma di sostenere il funzionamento ordinario legato a risultati concreti come numero di start-up create, ricercatori assunti in ambito industriale, brevetti depositati, capacità di trasferire conoscenza e trasformarla in valore economico e sociale. Questo è, in sostanza, il “dopo PNRR”, che di fatto è già iniziato. Il PNRR ha rappresentato un grande calcio d’inizio, ma la vera sfida ora è dimostrare di saper correre anche senza il sostegno costante di fondi pubblici, imparando a stare sul mercato come soggetti credibili e competitivi. Per spiegarmi con una metafora: il PNRR è stato come aprire una palestra modernissima, con attrezzature all’avanguardia e i migliori allenatori, offrendo per tre anni l’opportunità di allenarsi nelle migliori condizioni possibili. Ora, usciti da quella palestra, i soggetti coinvolti devono dimostrare di essere pronti per competere a livello nazionale e internazionale. Chi si è allenato bene ha già le basi per farlo. Qualcuno poteva fare di più, ma nel complesso il percorso ha messo tutti nella condizione di crescere e consolidarsi.

In che misura le esperienze e le reti attivate potranno essere integrate nelle politiche ordinarie di ricerca e innovazione del Ministero? Quali risorse si prevede di mobilitare a questo scopo e quale potrebbe essere l’evoluzione naturale di queste progettualità?

Cobis: Dobbiamo riconoscere che tutte queste aggregazioni – fondazioni o società consortili create appositamente per il PNRR – devono ormai essere considerate attori veri e propri del sistema della ricerca. Naturalmente con un ruolo chiaro e definito, che non entri in conflitto o sovrapposizione con quello delle università o degli enti di ricerca che ne fanno

parte. Faccio un esempio: l’Università di Bologna partecipa alla Fondazione Ecosister, versando delle quote. Terminata la fase del PNRR, continuerà a farlo se percepirà un reale valore aggiunto dal farne parte. Se invece riterrà di poter ottenere gli stessi risultati da sola, prima o poi potrebbe decidere di uscirne. È quindi fondamentale che venga definito uno spazio proprio per questi hub, complementare a quello degli atenei e non sostitutivo.

In particolare, per gli ecosistemi sarà decisivo che il governo centrale e le amministrazioni regionali trovino un’intesa su come valorizzarli. Questo tema non è nuovo perché nella ricerca c’è una legislazione concorrente, e il rischio di duplicazioni o sovrapposizioni tra centro e regioni è sempre dietro l’angolo. Io mi auguro che si riesca a lavorare in sinergia, perché chi ha dimostrato di saper gestire bene progetti complessi diventa credibile e difficilmente potrà essere ignorato. Per fare un altro esempio, il Centro Nazionale di High Performance Computing, Big Data e Quantum Computing, con il supercomputer Leonardo, è stato sostenuto dal PNRR con 320 milioni di euro. Oggi è diventato un polo di eccellenza, competitivo a livello europeo e con una governance strutturata in fondazione. Lo stesso approccio può valere anche per ecosistemi di dimensioni più piccole come Ecosister, che hanno comunque una valenza nazionale e internazionale. Le traiettorie politiche non sempre sono lineari, ma l’importante è che queste realtà abbiano saputo accreditarsi come soggetti in grado di governare progettualità complesse. E questo, a mio avviso, è già un risultato significativo.

Chiudo con una riflessione più generale: questo intervento del PNRR è stato enorme, sotto il profilo finanziario e or-

ganizzativo, e va analizzato nella sua complessità, non solo pubblicizzato o ridotto ai suoi punti critici. Alla fine parliamo di soldi pubblici, e ai cittadini bisogna dare conto dei risultati. Se siamo riusciti a creare qualcosa che prima non c’era, e che oggi rende il sistema migliore, questo è il vero lascito del programma.

Io credo, inoltre, che non esista una contrapposizione tra ricerca fondamentale e applicata, perché la ricerca ha senso solo se contribuisce a migliorare la vita delle persone. E anche quando ci sono state difficoltà, resta il fatto che il PNRR ha attivato processi e reti che sarebbe un errore disperdere.



Ecosister nella prospettiva dei valutatori

Intervista a Gabriele Lobaccaro

Gabriele Lobaccaro è Revisore ETS, Professor Department of Civil and Environmental Engineering Faculty of Engineering Norwegian University of Science and Technology of Trondheim. L'intervista è stata condotta a nome di tutti i membri del panel scientifico composto da altri due ETS che hanno partecipato alla valutazione in itinere dell'ecosistema di Ecosister: Adrián M.T. Silva – Revisore ETS, Associate Professor of Chemical and Environmental Engineering at the Faculty of Engineering of the University of Porto (FEUP), Portugal and researcher at LSRE-LCM, a partnership between LSRE (Laboratory of Separation and Reaction Engineering) and LCM (Laboratory of Catalysis and Materials), that now integrates the Associate Laboratory in Chemical Engineering (ALiCE) – e Rafael Luque Alvarez de Sotomayor, ECOTEC University/King Saud University/Polytechnica Bucharest/RUDN University.

Come è stato pensato il panel di revisori di Esperti Tecnico Scientifici (ETS) e in che modo ha contribuito al miglioramento della qualità complessiva del progetto Ecosister? Può spiegare come le indicazioni fornite siano state recepite dai ricercatori e dagli stakeholder del progetto?

Lobaccaro: Tutto è iniziato perché il Ministero dell'Istruzione e della Ricerca ci

ha chiesto di garantire la qualità scientifica dei tre progetti che abbiamo seguito. Ecosister è una delle eccellenze che abbiamo avuto la fortuna di accompagnare in questi anni. Il ruolo del revisore è istituzionale, ma nel tempo si è trasformato in qualcosa di più: ci siamo sentiti parte integrante del progetto, non solo nel monitoraggio dei risultati ma anche nel proporre suggerimenti e feedback utili a migliorare la collaborazione tra i vari Spoke. Su indicazione del Ministero, infatti, abbiamo lavorato molto per favorire la cooperazione tra i diversi nodi dell'ecosistema. Essendo anche revisori di altri due ecosistemi, l'obiettivo era stimolare il dialogo tra di essi, favorendo una collaborazione interregionale. Gli ecosistemi seguiti erano infatti ben distribuiti sul territorio: due al Nord – MUSA ed Ecosister – e uno al Sud, Tech4You, che coinvolge Calabria e Basilicata, due regioni emergenti in forte sviluppo. Questa prospettiva ci ha permesso di avviare un processo di cooperazione che il Ministero ha poi valorizzato nei nuovi bandi lanciati prima dell'estate, con la collaborazione tra ecosistemi del Nord e del Sud per dare seguito al PNRR e promuovere nuovi progetti nati proprio da queste interazioni. Era importante che la ricerca, sempre più multidisciplinare, potesse generare con-

taminazioni e nuove collaborazioni tra Spoke e ricercatori. In questo senso, Ecosister ha risposto molto bene. Un esempio significativo è arrivato nel momento di difficoltà legato alla gestione dei bandi a cascata con le regioni del Sud: il Program research manager Marco Degani, insieme all'International Advisory Board e agli Spoke leader, ha promosso un bando interno per sostenere progetti tra Spoke, rifinanziando con risorse proprie iniziative interregionali e coinvolgendo aziende

del Mezzogiorno. È stata un'idea nata da una difficoltà reale e tecnica, ma che Ecosister ha saputo affrontare e sviluppare in modo originale, intelligente e funzionale agli obiettivi di qualità scientifica e di buona gestione delle risorse. In generale, abbiamo sempre voluto mantenere una presenza costante durante tutto il percorso, attraverso un dialogo continuo – direi quasi quotidiano – con il Program research manager, e con gli Spoke leader. Abbiamo organizzato incontri regolari, in

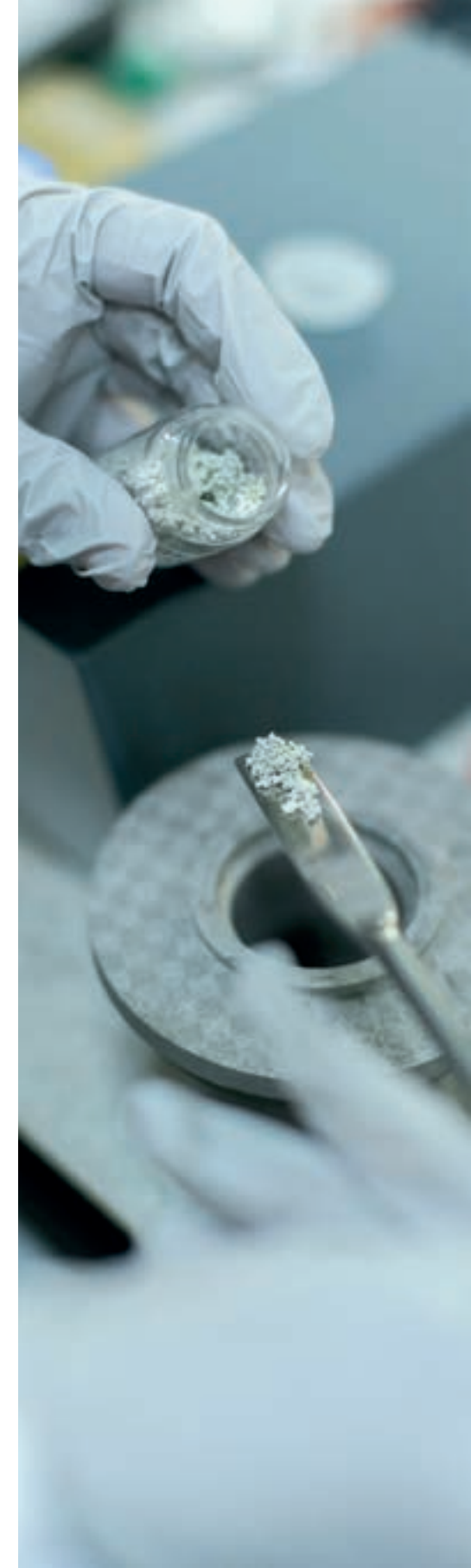




un confronto sempre aperto e costruttivo. Il panel scientifico, infatti, è composto da tre esperti: il professor Adrian Silva dell'Università di Porto, il professor Rafael Luque Álvarez de Sotomayor dell'Università di Cordoba e Gabriele Lobaccaro, professor presso l'Università Scientifica e Tecnologica della Norvegia con sede a Trondheim. È stato un vero lavoro di squadra. Io mi occupo maggiormente di infrastrutture, edilizia, energia e risorse rinnovabili; Rafael e Adrian, invece, sono più specializzati in chimica, materiali e gestione delle risorse idriche. Questa eterogeneità di competenze ci ha permesso di fornire valutazioni e input tecnici mirati, sia ai singoli Spoke sia alle collaborazioni tra ecosistemi.

Qual è, secondo lei, il principale valore aggiunto che questo approccio ha portato a Ecosister e al PNRR in generale?

Lobaccaro: Il PNRR ha comportato un investimento finanziario significativo e ci siamo interrogati su come valorizzarlo al meglio: una volta assunti ricercatori e create nuove competenze, come garantire un seguito a tutto questo capitale umano? Proprio per questo abbiamo suggerito di favorire sinergie tra ecosistemi, così che il Ministero potesse costruire continuità attraverso nuovi bandi. Ecosister, da questo punto di vista, ha lavorato molto bene sul fronte del trasferimento tecnologico, anche grazie al ruolo di ART-ER, che è stato fondamentale nel promuovere talenti e progetti destinati a diventare start-up o spin-off. ART-ER, già presente nel territorio, ha trovato in Ecosister un terreno fertile per mettere a frutto la propria esperienza e potenziare la valorizzazione dell'innovazione a livello accademico, industriale e locale. Questo è, secondo noi, uno dei punti di forza di Ecosister: la capacità di coniugare ri-



cerca scientifica e impatto sociale sul territorio. Gli investimenti del PNRR hanno migliorato la qualità scientifica, ma soprattutto hanno avuto effetti concreti sulla società e sulla vita di tutti i giorni delle persone. Inoltre, la collaborazione tra ecosistemi a livello interregionale e nazionale ha rappresentato un elemento chiave del piano di ripresa e resilienza post-pandemia, contribuendo a rafforzare la coesione e la crescita condivisa. In Emilia-Romagna questo processo è stato facilitato dalla presenza di un ecosistema già maturo e consolidato, ma il PNRR ha avuto il merito di far collaborare realtà che prima erano in competizione. Penso, ad esempio, ai casi di Bologna, Modena, Parma e Ferrara: contesti che ora lavorano assieme, superando logiche di rivalità che spesso rallentano la ricerca scientifica e lo sviluppo tecnologico. La collaborazione è la chiave per il progresso: solo unendo le competenze e mettendo da parte gli individualismi si possono raggiungere risultati eccellenti nella ricerca e significativi per la collettività. Questa armonia e unione di intenti per raggiungere obiettivi comuni è stata una delle chiavi del successo di Ecosister.

Un altro aspetto importante è stato il dialogo con il Ministero. Anche con loro abbiamo avuto un rapporto costante e costruttivo: ci siamo sentiti parte integrante degli ecosistemi, pur mantenendo il ruolo istituzionale di valutatori. Il Ministero ha mostrato grande disponibilità, supportandoci nella valutazione e nelle tempistiche necessarie per redigere i rapporti valutativi quadrimestrali. È stato un lavoro di squadra vero e proprio, basato sull'ascolto reciproco. Molte delle attività che oggi sembrano strutturate – come le visite in presenza o le riunioni di revisione periodiche – sono nate da proposte condivise tra gli ETS, il Program



research manager e gli Spoke leader, che il Ministero ha accolto con entusiasmo. Questo dialogo continuo ha permesso di rendere il monitoraggio “in itinere” più efficace e utile per tutti. In conclusione, credo che Ecosister e gli altri ecosistemi del PNRR abbiano contribuito a formare una nuova generazione di ricercatori e professionisti abituati a lavorare in modo multidisciplinare, superando i confini dei singoli laboratori o dipartimenti. È un modello di ricerca più aperto, trasversale e con un forte impatto sul territorio. In fondo, è proprio questo il vero successo del programma: aver costruito un terreno comune dove scienza, impresa e istituzioni collaborano per un futuro più sostenibile e innovativo.

In questo senso si parla molto di public engagement, del ruolo dell'università verso l'esterno e dell'impatto della ricerca sulla società. Quanto è stato importante, in Ecosister, anche il tema dell'interdisciplinarietà e del dialogo con aziende e pubbliche amministrazioni?

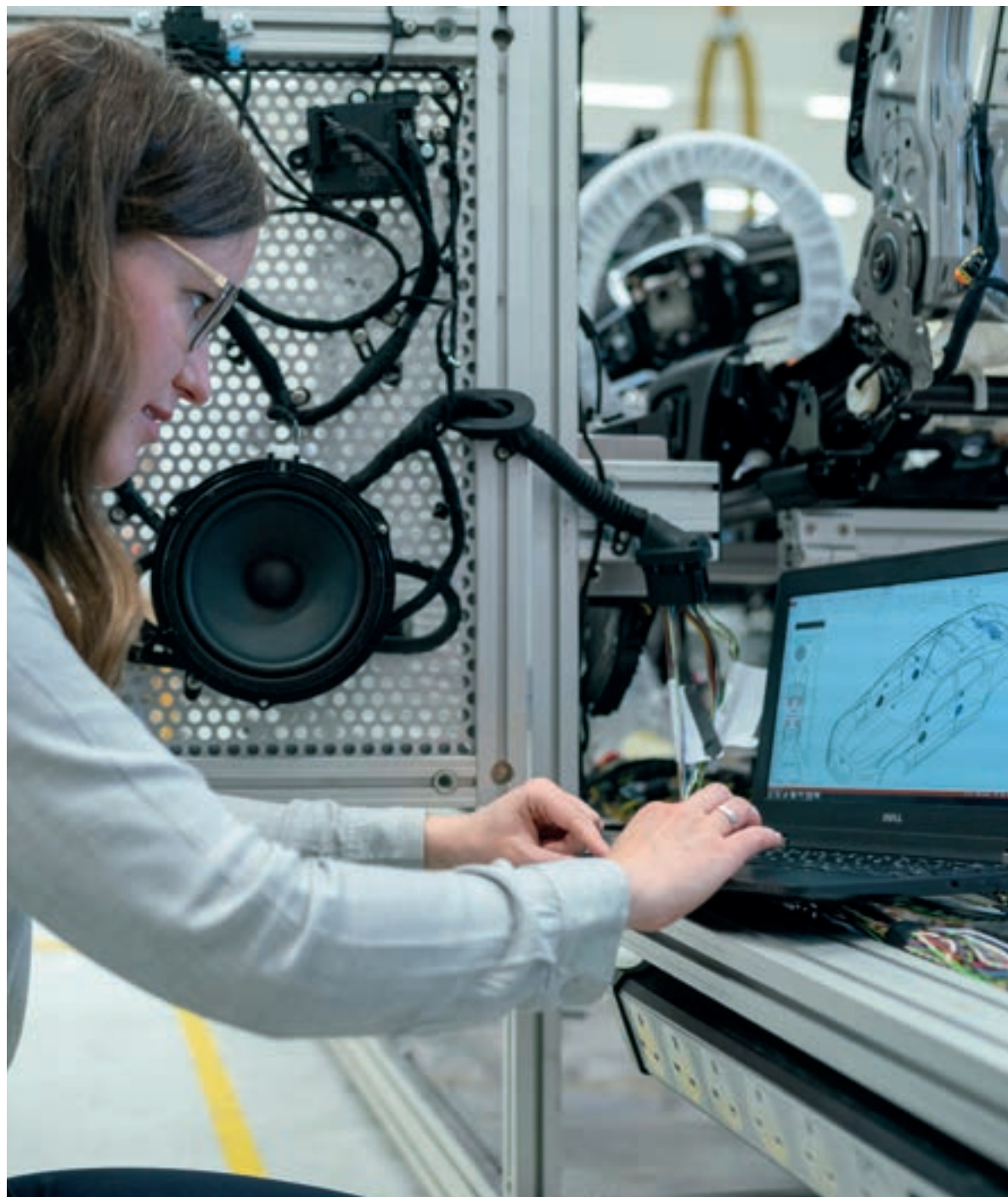
Lobaccaro: Secondo me una ricerca che rimane confinata all'ambiente universitario o accademico è, in fondo, una ricerca fine a se stessa. La vera sfida oggi è aprirsi all'esterno, contaminarsi. Progetti come quelli del PNRR e degli ecosistemi, dove entrano in gioco diversi attori e si promuovono collaborazioni tra Spoke, aziende e pubbliche amministrazioni, rappresentano il futuro della ricerca e anzi, direi che già da qualche anno sono la sua forma più efficace. Ecosister è un esempio riuscito di ricerca multidisciplinare capace di tenere insieme più prospettive, competenze e territori, su scala locale, interregionale e nazionale. Tornando al tema della conoscenza diretta del progetto e del rapporto con i ricercatori, come dicevo prima, oltre a

un dialogo costante con il Program research manager, Marco Degani, abbiamo organizzato delle riunioni di revisione periodiche che per noi sono state fondamentali per monitorare il progresso dell'ecosistema secondo il piano di progetto iniziale. All'inizio erano più frequenti, anche per conoscerci meglio e capire come l'ecosistema lavorasse e recepisce i suggerimenti e le proposte degli ETS; poi sono diventate regolari, ogni tre o quattro mesi.

Come si svolgevano questi incontri e che tipo di impatto hanno avuto?

Lobaccaro: Le riunioni di revisione si tenevano di norma in corrispondenza dei reporting period previsti dal Ministero. All'inizio non è stato semplice trovare un ritmo: la gestione simultanea di tanti ecosistemi era una sfida sia per noi che per il Ministero. Ma poi si è arrivati a un metodo molto intelligente: una relazione periodica ogni tre o quattro mesi, con la consegna dei Deliverable, che noi analizzavamo e discutevamo insieme durante le riunioni di revisione periodiche. Era un momento di sintesi prezioso e stimolante per verificare la qualità e la periodicità dei risultati, ma anche per approfondire alcuni Deliverable particolarmente promettenti, che potevano portare allo sviluppo di nuovi prodotti, strategie o approcci innovativi. Questo confronto continuo ha rafforzato moltissimo il legame tra il panel scientifico degli ETS, il Program research manager, gli Spoke leader e le giovani ricercatrici e ricercatori dell'ecosistema che spesso hanno presentato in prima persona i risultati delle loro ricerche. Non si trattava di un “controllo”, ma piuttosto di un dialogo costruttivo: “abbiamo realizzato questo, cosa possiamo trarne di buono, come possiamo farlo crescere?”. Era un modo concreto e pro-

duittivo di collaborare. Dal secondo anno in poi abbiamo reso ancora più sistematica la presenza sul territorio. Assieme agli altri due membri del panel scientifico, abbiamo effettuato visite in loco ogni sei mesi. In particolare, per Ecosister abbiamo visitato la sede di Bologna, il CNR e l'Università di Bologna, oltre ai laboratori. Sono stato più volte anche all'Università di Parma e all'Università di Modena, dove si sono tenute anche delle riunioni in presenza: lì abbiamo potuto vedere le infrastrutture finanziate dal PNRR, visitare i laboratori e incontrare e parlare direttamente con gli Spoke leader, i docenti, le giovani ricercatrici e ricercatori, lo staff tecnico-amministrativo e divulgativo. Ricordo con particolare emozione una delle visite all'Università di Parma: nell'atrio era stata allestita un'esposizione di poster, modellini e prototipi realizzati dalle ricercatrici e dai ricercatori supervisionati da docenti e tecnici dei vari Spoke. È stato emozionante e appassionante poter dedicare anche solo pochi minuti a ciascun di loro, ascoltare come raccontavano il proprio lavoro, percepire la loro passione, sentire la loro dedizione e impegno, la consapevolezza e l'orgoglio con cui descrivevano i risultati raggiunti. Esperienze del genere ti restituiscono tutta l'energia e l'entusiasmo per il lavoro che stiamo facendo come valutatori tecnico-scientifici. Nulla può sostituire la possibilità di vedere con i propri occhi ciò che è stato realizzato: i laboratori, le attrezzature, l'utilizzo dei fondi per potenziare le infrastrutture, la concretezza dei risultati. Tutto questo ha un valore scientifico e umano che nessun report o pubblicazione, per quanto prestigiosa, può restituire. Per noi la presenza fisica presso gli atenei, motori e parte integrante dell'ecosistema di Ecosister, era fondamentale, anche per testimoniare l'impegno e l'attenzione per tutto l'ecosistema.



E il riscontro è stato straordinario: entusiasmo, partecipazione, un vero e sincero desiderio di confronto. Le ricercatrici, i ricercatori e gli Spoke leader erano felici di ospitare le visite, tanto che spesso c'era quasi una "gara" su chi dovesse organizzare l'incontro successivo. Abbiamo percepito un livello di coinvolgimento e di passione davvero fuori dall'ordinario. È evidente quanto tutte queste persone credano nel valore della ricerca e quanto si sentano parte di qualcosa di più grande. Certo, è stato un percorso impegnativo per tutti, ma anche estremamente formativo. Noi, come panel scientifico, speriamo di aver contribuito ad alimentare quella passione. Le osservazioni che abbiamo fornito sono sempre state pensate come stimoli costruttivi, spunti di crescita. E crediamo che, in questo senso, il dialogo diretto e la presenza sul campo abbiano davvero fatto la differenza.

Quali strumenti o criteri comuni avete adottato per garantire omogeneità e coerenza nella valutazione del progetto?

Lobaccaro: I criteri di valutazione sono stati quelli indicati dal Ministero, che ci ha chiesto di essere garanti della qualità scientifica dei progetti. Il primo e più importante criterio, dunque, è stato proprio la qualità scientifica: verificare che quanto realizzato fosse effettivamente innovativo, avanzato, in linea con gli obiettivi di eccellenza stabiliti all'inizio. Un secondo aspetto fondamentale riguardava il rispetto del time plan, cioè del piano di sviluppo e delle scadenze previste. Ogni Deliverable doveva essere consegnato entro determinati periodi – semestri o milestone specifiche – per monitorare in modo rigoroso non solo i risultati scientifici, ma anche l'andamento complessivo del progetto. Considerando che la durata era di soli tre anni, i tempi erano stretti



e il ritmo di lavoro molto intenso; perciò, la capacità di rispettare le tempistiche è stata un elemento chiave della valutazione. Un terzo criterio essenziale ha riguardato la rendicontazione delle spese, sia per quanto riguarda i macchinari e le infrastrutture, sia per l'impiego delle risorse umane. Questo punto era cruciale perché, come spesso accade, i progetti partono formalmente in una data, ma il reclutamento del personale richiede tempo: bisogna pubblicare bandi, selezionare candidati, avviare le collaborazioni. Per noi era quindi importante verificare che i fondi fossero utilizzati correttamente e nei tempi giusti, e che il personale necessario venisse effettivamente assunto dai vari Spoke per realizzare le attività previste nella descrizione iniziale del progetto.

Anche la gestione delle infrastrutture ha rappresentato una sfida, in parte per l'eredità lasciata dal periodo post-pandemico: la ripresa delle forniture e delle installazioni è stata graduale, con ritardi inevitabili nella consegna di apparecchiature e materiali. Fortunatamente, questi rallentamenti sono stati assorbiti nel corso dei tre anni, ma all'inizio hanno richiesto un grande sforzo organizzativo. Un'ulteriore componente importante è stata quella dei bandi a cascata, che prevedevano la destinazione del 10% del budget complessivo a enti e istituti, localizzati nel Sud Italia. Si è trattato di una sfida significativa, soprattutto per gli ecosistemi del Nord, che avevano l'obbligo di investire quella quota nel Mezzogiorno. Il Ministero ha chiesto di vigilare su questo aspetto, per assicurarne la corretta realizzazione e la qualità dei progetti finanziati. All'inizio, questa parte è stata oggetto di molte discussioni, dubbi e difficoltà tecniche e amministrative, anche comprensibilmente, perché non era semplice individuare progetti e par-

tner operativi nel Sud che potessero rispondere in modo adeguato alle esigenze e agli obiettivi dei progetti e delle attività all'interno dell'ecosistema. Tuttavia, alla fine l'iniziativa si è rivelata molto positiva. Come accennavo anche prima, Marco Degani e gli Spoke leader hanno avuto l'intuizione di lanciare un bando interno per favorire collaborazioni inter-Spoke: una vera e propria call for project che ha permesso di identificare iniziative meritevoli di ulteriori fondi. Questa azione è stata, a mio avviso, molto intelligente, perché ha unito due esigenze, quella di rispettare gli obblighi di budget e quella di stimolare una maggiore cooperazione tra Spoke, traducendo così un vincolo in un'opportunità.

Un altro punto di rilievo riguarda la parte amministrativa. Ecosister, come anche MUSA e Tech4You, ha potuto contare su un personale amministrativo di altissimo livello, spesso "invisibile" ma determinante. Gestire una macchina così complessa, con centinaia di Deliverable, migliaia di voci di spesa e una piattaforma ministeriale non sempre intuitiva, è stato un lavoro eccezionale. Devo dire che tutto l'apparato amministrativo di Ecosister, coordinato efficientemente da Laura Morigi e Federica Ruggia, si è distinto per precisione, puntualità e capacità di coordinamento. Marco Degani, insieme a loro, ha ideato un cruscotto di visualizzazione estremamente utile, che permetteva di monitorare le spese in tempo reale, con percentuali e progressi per ciascun Spoke. Questa modalità più visuale e comunicativa è stata molto apprezzata dal panel scientifico, perché rendeva chiaro e trasparente l'andamento economico del progetto. Anche il sito di Ecosister, molto intuitivo e chiaro, ha contribuito a migliorare la comunicazione e la disseminazione dei risultati, grazie alla presenza

di Deliverable, pubblicazioni e contenuti multimediali come video e materiali divulgativi. Tutto questo arricchisce notevolmente la dimensione del coinvolgimento pubblico e sociale del progetto, andando oltre la sola rendicontazione scientifica.

Come si è organizzato il gruppo degli ETS per svolgere il proprio ruolo?

Lobaccaro: Dal punto di vista operativo, il nostro lavoro si è basato su una costante analisi dei Deliverable di progetto. Li abbiamo letti con attenzione e, quando necessario, abbiamo chiesto chiarimenti ai vari Spoke. Abbiamo inoltre domandato loro di segnalarci quali Deliverable considerassero più rilevanti, in modo da poter identificare eventuali sinergie e connessioni tra i diversi ambiti di ricerca dei vari Spoke. Tra noi membri del panel scientifico c'è stato un dialogo continuo, direi quasi quotidiano, su come migliorare gli aspetti scientifici, tecnologici e organizzativi e su quali input fornire al progetto. Questa condivisione costante ci ha permesso di mantenere una linea comune, coerente e trasparente nelle valutazioni e nelle comunicazioni con Ecosister. Avere una voce unitaria e un confronto aperto all'interno del panel scientifico è stato un grande valore aggiunto: ci ha consentito di fornire indicazioni chiare, non contraddittorie, e di rafforzare ulteriormente il rapporto di fiducia con i ricercatori e con tutta la squadra di Ecosister.

Quali sono state le vostre considerazioni rispetto al ruolo che ha avuto il trasferimento tecnologico?

Lobaccaro: Per quanto riguarda il trasferimento tecnologico, devo dire che, rispetto ad altri ecosistemi che abbiamo valutato, Ecosister ha avuto un vantag-

gio importante: la presenza di ART-ER, un'entità già radicata sul territorio, con una lunga esperienza nel collegamento tra ricerca e impresa. ART-ER conosceva bene il tessuto produttivo e aveva già una rete consolidata di contatti sul territorio regionale, oltre a una grande capacità organizzativa. L'ecosistema ha quindi potuto contare su una struttura "allenata ed esperta", per così dire, e questo ha moltiplicato le opportunità di incontro e collaborazione con aziende e pubbliche amministrazioni e la promozione di nuove start-up e spin-off anche partendo dai risultati prodotti dall'ecosistema di Ecosister. Il lavoro svolto da ART-ER è stato eccezionale e fondamentale, perché ha saputo valorizzare al meglio le potenzialità esistenti e amplificarle grazie alla rete di Ecosister. In altri ecosistemi, dove mancava un soggetto analogo, questo processo è stato più lento: anche lì si sono raggiunti risultati importanti, ma spesso si è dovuto partire da zero nella costruzione dei meccanismi di trasferimento tecnologico. Nel caso di Ecosister, invece, il terreno era già pronto, e questo ha rappresentato un vantaggio significativo. In generale, la ricerca italiana ha espresso eccellenze di altissimo livello, riconosciute anche a livello internazionale. Ciò che forse mancava, e che il PNRR ha permesso di costruire, era proprio un'esperienza di collaborazione strutturata, multidisciplinare e condivisa, in grado di mettere a sistema competenze diverse per raggiungere risultati che vanno oltre la pubblicazione scientifica. L'auspicio è che queste esperienze non si interrompano, ma evolvano in nuove forme, magari attraverso centri di ricerca nazionali dedicati a temi come i cambiamenti climatici, la sostenibilità delle risorse o l'innovazione tecnologica. Il potenziale c'è, la qualità scientifica anche: ora la sfida è mantenere e far crescere questa rete virtuosa che Ecosi-

ster e tutti gli altri ecosistemi nazionali hanno contribuito a creare.

A questo proposito, quali sono le prospettive future di un progetto come Ecosister?

Lobaccaro: Le prospettive di Ecosister, e più in generale del PNRR, sono a mio avviso molto positive. Ecosister continuerà a esistere, in qualche forma, perché in realtà il sistema che oggi racchiude esisteva già: ciò che il PNRR ha fatto è stato dargli una struttura, una cornice, un'identità comune. Prima c'erano gruppi di ricerca e università che lavoravano in modo autonomo o poco connesso; ora, grazie a questo progetto, si sono trovati a collaborare più strettamente e hanno potuto constatare quanto questo approccio sia produttivo e redditizio. Per questo motivo, credo che le collaborazioni nate con Ecosister non si interromperanno. Forse non ci sarà più una struttura istituzionale formalizzata come quella attuale, con riunioni e attività di disseminazione coordinate centralmente, ma l'impostazione di fondo, il metodo di lavoro, l'apertura e l'interdisciplinarietà, resteranno. Ecosister, come idea e come ecosistema, è ormai qualcosa di radicato. Ha dimostrato la propria efficacia, i risultati sono di alto livello, e rappresenta un nuovo modo di fare ricerca in rete, che coinvolge diversi attori e territori. In questo senso, siamo convinti che Ecosister avrà un seguito. Ora si parla di nuovi strumenti, come la call per progetti all'interno del Programma Nazionale Ricerca, Innovazione e Competitività per la transizione verde e digitale (PN RIC) 2021-2027, che daranno continuità per altri due anni al lavoro svolto dagli ecosistemi nazionali. Ma anche oltre questi programmi, riteniamo che Ecosister abbia ormai acquisito una vita propria: chi vi ha partecipato ha visto le potenzialità e continuerà a portarle avanti, in forme nuove ma con lo stesso spirito di collaborazione e innovazione.

L'Università di Bologna e il progetto Ecosister

Intervista a Giovanni Molari

Giovanni Molari è Professore ordinario di Meccanica agraria e Rettore dell'Alma Mater Studiorum – Università di Bologna.

Nel progetto Ecosister, sostenuto dal PNRR e sviluppato in Emilia-Romagna, si è costruita una collaborazione tra università, enti di ricerca e sistema produttivo per accompagnare la transizione ecologica e digitale. Quali aspetti di questa esperienza ritiene più significativi per comprendere come sta cambiando il ruolo di una università nei nuovi ecosistemi dell'innovazione e nel rapporto con il territorio?

Molari: Nel progetto Ecosister è emersa una tendenza che riguarda tutte le università europee, tendenza che da noi è stata confermata dalla realizzazione di ecosistemi dell'innovazione in cui ricerca, formazione e trasferimento tecnologico lavorano insieme e si collegano alle strategie di sviluppo della regione.

Con Ecosister è stato possibile superare la logica delle collaborazioni occasionali per passare alla costruzione di infrastrutture comuni e di processi condivisi che coinvolgono università, enti di ricerca, imprese e pubbliche amministrazioni. Ecosister ha dimostrato che

l'università è un attore strategico che contribuisce a guidare la transizione ecologica e digitale, portando nell'innovazione anche aspetti culturali, sociali ed etici. È un laboratorio concreto per sviluppare modelli di collaborazione e governance orientati al futuro.

Le sfide legate alla sostenibilità e alla trasformazione tecnologica richiedono una cooperazione sempre più stretta tra mondo accademico, imprese e istituzioni. Quali condizioni rendono queste sinergie realmente efficaci e durature, e quali opportunità possono derivarne per la crescita del capitale umano e la competitività del sistema regionale e nazionale?

Molari: Le sfide della sostenibilità e della trasformazione tecnologica richiedono una collaborazione forte e stabile tra università, imprese e istituzioni. Se si vuole che questa cooperazione funzioni davvero servono obiettivi comuni, una visione condivisa e politiche capaci di decidere rapidamente e di sostenere progetti di lungo periodo.

È fondamentale anche valorizzare le competenze interdisciplinari: la transizione ecologica e digitale non si affronta con saperi isolati, ma con competenze

trasversali, con infrastrutture comuni, piattaforme tecnologiche e percorsi formativi progettati insieme.

Sul piano del capitale umano, la collaborazione strutturata consente di formare nuove generazioni di ricercatori, tecnici e professionisti attraverso dottorati industriali, percorsi di alta formazione e programmi di mobilità che uniscono didattica, ricerca e pratica.

Sul piano della competitività, tali sinergie rafforzano la capacità del sistema regionale e nazionale di attrarre investimenti, generare nuove filiere tecnologiche e promuovere innovazione sostenibile nelle imprese.

In un contesto di cambiamenti rapidi a livello globale, l'università è chiamata a rafforzare il proprio impegno verso la società attraverso la ricerca, la formazione e il public engagement. In che modo esperienze come





Ecosister possono contribuire a promuovere un modello di sviluppo sostenibile e a favorire l'internazionalizzazione e la diffusione della conoscenza come bene comune?

Molari: In un contesto globale segnato da transizioni rapide, l'università è chiamata a rinnovare la propria funzione pubblica. Progetti come Ecosister mostrano come farlo concretamente, attraverso l'integrazione tra ricerca di frontiera, innovazione tecnologica, formazione di nuovo talento e public engagement. Ecosister dimostra che è possibile sviluppare un modello di innovazione che unisca sostenibilità ambientale, coesione sociale e competitività economica, coinvolgendo cittadini, imprese, istituzioni e comunità scientifiche in un percorso di cambiamento condiviso.

Al tempo stesso, il progetto rafforza la dimensione internazionale dell'università tramite la costruzione di infrastrutture e piattaforme di ricerca condivise e l'adozione di standard europei.

In definitiva, esperienze come Ecosister ci ricordano che il contributo dell'università alla società non è solo quello di trasferire tecnologie o competenze, ma anche di produrre visione, di costruire cultura della sostenibilità e di alimentare una conoscenza che consenta ai territori di affrontare il cambiamento con responsabilità e lungimiranza.



L'Università di Ferrara e il progetto Ecosister

Intervista a Laura Ramaciotti

Laura Ramaciotti è Professoressa ordinaria di Economia applicata, Rettrice dell'Università degli Studi di Ferrara e Presidente della Conferenza dei Rettori delle Università Italiane (CRUI).

Nel progetto Ecosister, sostenuto dal PNRR e sviluppato in Emilia-Romagna, si è costruita una collaborazione tra università, enti di ricerca e sistema produttivo per accompagnare la transizione ecologica e digitale. Quali aspetti di questa esperienza ritiene più significativi per comprendere come sta cambiando il ruolo di una università nei nuovi ecosistemi dell'innovazione e nel rapporto con il territorio?

Ramaciotti: Il progetto Ecosister, reso possibile grazie ai fondi del PNRR, non è semplicemente un'iniziativa di finanziamento; è una vera e propria palestra in cui stiamo sperimentando e consolidando il nuovo ruolo dell'università nell'era post-pandemica. Se dovessi identificare gli aspetti più significativi di questa esperienza, che definiscono come sta cambiando il nostro ruolo nel territorio e negli ecosistemi dell'innovazione, indicherei i seguenti:

1) Da "Fornitore di Conoscenza" a "Partner Strategico": storicamente, l'università era vista come un "serbatoio

di sapere" da cui il sistema produttivo poteva attingere, spesso attraverso un processo lineare (ricerca di base -> ricerca applicata -> trasferimento tecnologico). Ecosister ci mostra un modello diverso. L'università siede al tavolo della co-progettazione fin dall'inizio con imprese, altre università ed enti di ricerca e istituzioni pubbliche e private. Non ci limitiamo a "rispondere" a una domanda di innovazione; contribuiamo a *definirla*. Siamo partner strategici che aiutano il territorio a identificare le sfide future – in questo caso, la doppia transizione ecologica e digitale – e a costruire le soluzioni. Passiamo da una logica di "trasferimento" a una di "contaminazione" e "innovazione aperta".

2) La "Terza Missione" diventa Missione Fondante: per lungo tempo, l'università si è retta su due pilastri: la Didattica (formare) e la Ricerca (scoprire). La cosiddetta "Terza Missione" – ovvero l'impatto sul territorio e sulla società per effetto del trasferimento e della valorizzazione delle conoscenze – era in secondo piano. Progetti come Ecosister ribaltano questa visione. Il nostro successo non si misura più solo in pubblicazioni scientifiche o numero di laureati, ma nella nostra

capacità di contribuire attivamente alla competitività e alla sostenibilità dell'Emilia-Romagna.

3) L'università come "Hub" dell'Ecosistema: nell'innovazione moderna, nessun attore vince da solo. Le piccole e medie imprese (PMI), le grandi imprese, i centri di ricerca e la pubblica amministrazione hanno bisogno di un luogo di sintesi. In un ecosistema, l'università agisce come "*anchor institution*": l'attore neutrale, orien-

tato al lungo termine e dotato della massa critica (ricercatori, laboratori, studenti) necessario per connettere mondi diversi. Diventiamo l'infrastruttura abilitante che permette alle PMI di accedere a ricerca di frontiera e alle grandi imprese di trovare talenti e soluzioni innovative. Siamo il "collante" dell'ecosistema.

4) L'Interdisciplinarietà come Metodo: le sfide della transizione ecologica e digitale sono incredibilmente com-



plesse. Non possono essere risolte da un singolo ingegnere, un singolo economista o un singolo sociologo. Ecosister ci ha *portato* a superare i nostri “silos” disciplinari interni. La vera innovazione nasce oggi all’intersezione tra competenze diverse. Dobbiamo integrare le scienze dure (STEM) con le scienze economiche, sociali e umanistiche (le cosiddette SSH) per garantire che la transizione non sia solo tecnologicamente fattibile, ma anche economicamente sostenibile e socialmente equa. Questo sta già modificando profondamente il nostro modo di fare ricerca.

- 5) Una Nuova Responsabilità nella Formazione: infine, il nostro ruolo di formatori cambia. Non dobbiamo più solo formare “esperti” in una disciplina, ma “innovatori” capaci di navigare la complessità. La collaborazione diretta con le imprese in Ecosister ci permette di capire in tempo reale quali competenze servono al sistema produttivo. Questo si riflette sulla nostra offerta formativa, sui nostri dottorati (sempre più orientati alle sfide industriali e sociali) e sulla formazione continua (*life-long learning*). Stiamo formando il capitale umano che guiderà la transizione del territorio, creando un legame indissolubile tra formazione e sviluppo locale. In sintesi, l’esperienza di Ecosister dimostra che l’università moderna non è più una “torre d’avorio” isolata. È un’istituzione aperta, permeabile e responsabile, pienamente inserita nel tessuto sociale e produttivo, che agisce come motore indispensabile per lo sviluppo sostenibile e la competitività del proprio territorio.

Le sfide legate alla sostenibilità e alla trasformazione tecnologica richiedono una

cooperazione sempre più stretta tra mondo accademico, imprese e istituzioni. Quali condizioni rendono queste sinergie realmente efficaci e durature, e quali opportunità possono derivarne per la crescita del capitale umano e la competitività del sistema regionale e nazionale?

Ramaciotti: La sua domanda tocca il nervo scoperto dell’evoluzione del sistema-Paese e del ruolo che l’Università è chiamata a ricoprire. Non siamo più in un’epoca in cui si può pensare in “silos” separati. La complessità delle sfide, in primis quella climatica e quella digitale, impone una responsabilità condivisa. Come Rettore, vedo l’Ateneo non solo come un luogo di alta formazione e ricerca pura, ma come il motore primario di un ecosistema dell’innovazione. Affinché questa sinergia tra accademia, imprese e istituzioni non sia solo episodica (legata a un singolo bando o progetto), ma diventi strutturale e duratura, sono necessarie alcune condizioni fondamentali. A tal fine, identifico quattro pilastri irrinunciabili:

- 1) Visione Condivisa e Governance Stabile: non basta sedersi allo stesso tavolo; bisogna guardare nella stessa direzione. A livello strategico: serve un “patto per il territorio” (a livello regionale e nazionale) che definisca le priorità di specializzazione (la “Smart Specialization Strategy” europea ne è un esempio). Le imprese devono esprimere i loro bisogni di innovazione a lungo termine, e l’università deve orientare la sua ricerca strategica di conseguenza. A livello operativo: è necessaria una *governance* chiara. Penso a strutture come i “Centri di Competenza”, i “Digital Innovation Hub” o i grandi partenariati estesi (come quelli del PNRR), che fungono da cabine di regia stabili, con regole d’ingaggio chiare, specie sulla ge-

stione della proprietà intellettuale (IP).

- 2) “Interoperabilità” Culturale e Strutturale: spesso, università e imprese parlano lingue diverse e viaggiano a velocità diverse. Dobbiamo diventare “interoperabili”. Abbiamo bisogno di più “ricercatori industriali” (che dall’impresa vengono in ateneo) e di più nostri ricercatori che passano periodi in azienda. I dottorati industriali e i dottorati in co-tutela con le imprese sono lo strumento principe. Serve potenziare gli uffici di trasferimento tecnologico (TTO): devono essere veri e propri “relationship manager” proattivi, capaci di “tradurre” i bisogni dell’impresa in sfide di ricerca e, viceversa, di “vendere” le scoperte dei laboratori al mercato.
- 3) Infrastrutture Condivise (Luoghi della Contaminazione): la sinergia ha bisogno di “piazze” dove incontrarsi. Non basta la volontà, servono i luoghi fisici (e digitali). Possiamo pensare a laboratori congiunti, ovvero strutture co-finanziate e co-gestite dove ricercatori universitari e aziendali lavorano fianco a fianco sugli stessi macchinari; così come a parchi scientifici e tecnologici / incubatori. Devono essere più che semplici “immobili”. Devono essere *community* gestite, dove la prossimità fisica tra una start-up, uno spin-off universitario e il laboratorio di una grande impresa genera innovazione spontanea.
- 4) Investimenti Costanti (non solo “a progetto”): il PNRR ha dato una spinta eccezionale, ma l’innovazione ha bisogno di pazienza e investimenti costanti. Le istituzioni devono garantire che, terminate le risorse straordinarie, i fondi strutturali (FESR, FSE) e i fondi nazionali siano indirizzati a mantenere vive le infrastrutture e le reti create. Gli ate-

nei devono continuare a collaborare per le nuove progettualità europee, nazionali, regionali.

In un contesto di cambiamenti rapidi a livello globale, l’università è chiamata a rafforzare il proprio impegno verso la società attraverso la ricerca, la formazione e il public engagement. In che modo esperienze come Ecosister possono contribuire a promuovere un modello di sviluppo sostenibile e a favorire l’internazionalizzazione e la diffusione della conoscenza come bene comune?

Ramaciotti: Questa è una riflessione centrale per il futuro dei nostri atenei. Viviamo in un’epoca di *sustainable transitions* integrate – ecologica, digitale, sociale – che non possono essere governate da nessun attore in solitudine. L’università, per sua natura, è l’istituzione che custodisce la visione di lungo termine e il metodo critico. Esperienze come Ecosister, rese possibili da un’intuizione strategica del PNRR, sono il banco di prova fondamentale di questo nuovo ruolo. Esse non sono solo “progetti di ricerca”, ma *metodologie* per re-interpretare la nostra missione. Tre punti vorrei sottolineare:

- 1) Ecosister come Modello per lo Sviluppo Sostenibile: la sostenibilità non è più una disciplina da studiare, ma un obiettivo strategico integrato in ogni nostra azione. Ecosister ce lo dimostra in tre modi:
 - Dalla Ricerca alla Ricerca-Azione: non ci limitiamo a *studiare* la crisi climatica o la transizione ecologica. Mettiamo i nostri migliori ricercatori, laboratori e giovani talenti al servizio delle imprese e delle istituzioni per *sviluppare soluzioni concrete*: nuovi materiali, processi a economia circolare, efficienza energetica, digitalizzazione per la sostenibilità. La ricerca di-



venta orientata a una missione.

- Formare i “Professionisti della Transizione”: la vera sfida della sostenibilità è il capitale umano. Attraverso la stretta collaborazione con il sistema produttivo in

Ecosister, capiamo in tempo reale quali competenze servono. Questo ci impone di aggiornare la nostra didattica, creando figure ibride (ad esempio, ingegneri-ambientali, data scientist per la sostenibilità,

giuristi della transizione ecologica) che il mercato richiede.

- L’Ateneo come “Living Lab”: per essere credibili nel promuovere la sostenibilità all’esterno, dobbiamo praticarla all’interno. Progetti come Ecosister ci spingono a usare i nostri stessi campus come “laboratori viventi” per sperimentare soluzioni di efficienza energetica, mobilità sostenibile e gestione dei rifiuti, diventando un modello per il territorio.
- 2) Ecosister come Vettore di Internazionalizzazione: può sembrare un paradosso: un progetto così radicato nel territorio (l’Emilia-Romagna) come Ecosister, come può favorire l’internazionalizzazione? La risposta è che, oggi, il globale si vince partendo dall’eccellenza locale. Si compete come “ecosistema”, non come singoli: sui grandi bandi internazionali (come Horizon Europe), un singolo ateneo o una singola impresa sono spesso troppo piccoli. Un ecosistema strutturato come Ecosister – che presenta un fronte compatto di università, centri di ricerca e filiere industriali – ha una forza d’urto e un’attrattività enormemente superiori. Attrattività dei Talenti: L’eccellenza attira eccellenza. Creando un hub di innovazione riconosciuto a livello europeo sulla doppia transizione, Ecosister rende il nostro territorio un magnete per i migliori ricercatori, dottorandi e docenti internazionali. Non vengono solo per “l’università”, ma per “l’ecosistema” in cui quell’università opera. Internazionalizzazione delle PMI: l’università agisce da “ponte”. Attraverso i nostri network accademici globali, aiutiamo le piccole e medie imprese (PMI) del territorio – che da sole farebbero fatica – ad affacciarsi su nuo-

vi mercati e a trovare partner tecnologici internazionali.

- 3) Ecosister come Garante della Conoscenza “Bene Comune”: questo è il punto eticamente più alto della nostra missione. La conoscenza prodotta con fondi pubblici non può essere un privilegio per pochi; deve irrigare l’intera società. In Ecosister, l’università agisce da “traduttore” e “distributore”. Rendiamo la ricerca di frontiera (ad esempio intelligenza artificiale, nuovi materiali) accessibile e comprensibile anche alle PMI, che non hanno reparti R&S strutturati. Questo è un atto fondamentale di giustizia economica: impediamo che l’innovazione aumenti il divario tra grandi e piccoli. Sebbene la proprietà intellettuale sia importante, Ecosister ci spinge verso modelli di *open innovation* (innovazione aperta). La vera ricchezza non sta nel tenere la conoscenza chiusa in un cassetto, ma nel farla circolare velocemente tra i partner per generare valore collettivo.

Il “bene comune” non è solo verso le imprese, ma verso i cittadini. Attraverso il *public engagement* (eventi, laboratori aperti, citizen science) legato a questi temi, l’università spiega cosa fa, perché lo fa e che impatto ha sulla vita delle persone. In un’epoca di disinformazione, questo dialogo costruisce fiducia nella scienza e garantisce che la transizione tecnologica sia compresa e democraticamente governata, non solo subita.

In sintesi, esperienze come Ecosister non cambiano solo *cosa fa* l’università, ma *cosa è* l’università: non più un semplice fornitore di laureati, ma un custode responsabile del futuro collettivo, un’infrastruttura sociale indispensabile per guidare lo sviluppo sostenibile del territorio in un contesto globale.

L'Università di Modena e Reggio Emilia e il progetto Ecosister

Intervista a Rita Cucchiara

Rita Cucchiara è Professoressa ordinaria di Sistemi di elaborazione dell'informazione e Rettrice dell'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia.

Nel progetto Ecosister, sostenuto dal PNRR e sviluppato in Emilia-Romagna, si è costruita una collaborazione tra università, enti di ricerca e sistema produttivo per accompagnare la transizione ecologica e digitale. Quali aspetti di questa esperienza ritiene più significativi per comprendere come sta cambiando il ruolo di una università nei nuovi ecosistemi dell'innovazione e nel rapporto con il territorio?

Cucchiara: L'Università di Modena e Reggio Emilia possiede da sempre una tradizione di eccellenza nella collaborazione con il sistema produttivo e di cooperazione con gli enti di ricerca regionali. Ecosister ha ulteriormente facilitato i rapporti: in meno di tre anni sono state più di 260 le imprese coinvolte in progetti di innovazione orientati alla transizione tecnologica, soprattutto in ambito di open innovation e trasferimento tecnologico. Inoltre, come in altri progetti PNRR, le università hanno operato nei cosiddetti "bandi a cascata", erogando fondi pubblici a favore di terzi e valutando l'operato e le sinergie. Grazie a progetti

come questo, l'università sta affinando il suo ruolo di protagonista nell'ecosistema territoriale, non solo nella tradizionale missione di generazione della conoscenza, ma anche quale intermediario dell'innovazione e come orchestratore nella preparazione dei framework istituzionali e nel coordinare reti collaborative territoriali. Una sfida nuova, che UNIMORE è certo in grado di assolvere orientandosi nei prossimi anni ad assumersi le responsabilità di interlocutore primario, sia formando competenze tecnico-scientifiche che fungendo da raccordo per la co-creazione di conoscenza.

Le sfide legate alla sostenibilità e alla trasformazione tecnologica richiedono una cooperazione sempre più stretta tra mondo accademico, imprese e istituzioni. Quali condizioni rendono queste sinergie realmente efficaci e durature, e quali opportunità possono derivarne per la crescita del capitale umano e la competitività del sistema regionale e nazionale?

Cucchiara: Ecosister nasce esplicitamente come un programma basato su un'esperienza strutturata di cooperazione. Il progetto scaturisce dalla collaborazione tra tutti gli atenei pubblici dell'Emilia-Romagna, collaborazione estesa sistemati-

camente ai principali centri di ricerca e innovazione operanti nella rete regionale dell'innovazione, nonché alla Regione Emilia-Romagna stessa, grazie al sapiente lavoro di ART-ER. Le università hanno lavorato insieme a imprese e istituzioni a tutti i diversi livelli, per il technology transfer, per la diffusione dell'innovazione e la sperimentazione delle ricerche. Un esempio tra tutti, il monitoraggio attivo della sicurezza dei pedoni nelle strade cittadine a Modena svolto in collaborazione tra

l'Ateneo e il Comune, in cui si sono sperimentati sul campo gli esiti dello stato dell'arte della ricerca. La cooperazione tra atenei, anche se ha lunga tradizione, non è mai scontata ma si rivela naturale quando, come nel caso di Ecosister, i temi sono di grande impatto e attualità come la sostenibilità, l'inclusione, il contrasto alle disuguaglianze e alle discriminazioni. Sono sforzi complessi che richiedono un impegno specifico da parte degli atenei, ma che possono produrre impatti importanti in



termini di generazione di prezioso nuovo capitale umano e di sostegno alla competitività del sistema regionale e nazionale.

In un contesto di cambiamenti rapidi a livello globale, l'università è chiamata a rafforzare il proprio impegno verso la società attraverso la ricerca, la formazione e il public engagement. In che modo esperienze come Ecosister possono contribuire a promuovere un modello di sviluppo sostenibile e a favorire l'internazionalizzazione e la diffusione della conoscenza come bene comune?

Cucchiara: Ecosister ha rappresentato un'occasione speciale per testimonia-

re l'impegno di UNIMORE e degli altri atenei regionali verso un pubblico largo fatto di enti, imprese e cittadini. Cito, ad esempio, i risultati ottenuti nell'attività di training, che ha visto proprio UNIMORE come responsabile, in collaborazione con tutti gli altri soggetti prima citati. Nel corso dei tre anni, più di 900 studenti, dottorandi, giovani ricercatori, provenienti da diversi contesti disciplinari, sono stati formati nelle competenze sulla transizione verde, attraverso workshop, summer school, laboratori. L'impatto di una tale energia è palpabile: abbiamo formato i formatori del futuro e lo abbiamo fatto in modo capillare, contribuendo

a creare le basi per una diffusa sensibilità ambientale a favore di chi avrà il ruolo strategico di operare con le nuove generazioni e di contribuire ai board decisionali nelle scuole, nelle università, negli enti pubblici e nelle imprese. Similmente Ecosister ha fornito risultati molto significativi nel public engagement. Qui è stato sperimentato un modello di azione innovativo con cui sono stati avviati 11 percorsi di innovazione territoriale trasformativa che hanno condiviso una metodologia di interazione tra diversi attori coinvolti nella progettazione, creazione e monitoraggio di azioni in tema di sostenibilità. Si è passati dall'identifica-

zione su base pubblica e collettiva della sfida territoriale considerata più urgente all'individuazione e selezione delle possibili concrete soluzioni e all'accelerazione della soluzione selezionata per accompagnarla sino a uno stadio di fattibilità. UNIMORE da tempo, con i suoi 13 dipartimenti, lavora in grande sinergia con gli attori territoriali, ma queste sperimentazioni accelerano la definizione di paradigmi nuovi di integrazione e di condivisione di conoscenza, resa disponibile come bene comune per affrontare le grandi sfide di interesse collettivo.



L'Università di Parma e il progetto Ecosister

Intervista a Paolo Martelli

Paolo Martelli è Professore ordinario di Clinica medica veterinaria e Rettore dell'Università di Parma.

Nel progetto Ecosister, sostenuto dal PNRR e sviluppato in Emilia-Romagna, si è costruita una collaborazione tra università, enti di ricerca e sistema produttivo per accompagnare la transizione ecologica e digitale. Quali aspetti di questa esperienza ritiene più significativi per comprendere come sta cambiando il ruolo di una università nei nuovi ecosistemi dell'innovazione e nel rapporto con il territorio?

Martelli: Il progetto Ecosister ha rappresentato per il sistema di ricerca e trasferimento tecnologico della Regione Emilia-Romagna una grande opportunità: in primo luogo quella di creare nuove connessioni e di consolidare quelle esistenti. Non solo in termini di rapporti tra università, enti di ricerca e sistema produttivo, ma anche nelle metodologie di trasferimento tecnologico e nei programmi di innovazione. Tra le tantissime iniziative cui anche il nostro Ateneo ha partecipato, mi piace ricordare i bandi a cascata interni riservati ai partner di Ecosister (Spoke e Affiliati). In quel bando un criterio di ammissibilità era l'articolazione "Inter-Spoke" che ha permesso

di creare progettualità interdisciplinari molto interessanti e che, ne sono certo, risulteranno in ulteriori progetti e accresceranno il livello della ricerca e del trasferimento tecnologico della Regione.

Le sfide legate alla sostenibilità e alla trasformazione tecnologica richiedono una cooperazione sempre più stretta tra mondo accademico, imprese e istituzioni. Quali condizioni rendono queste sinergie realmente efficaci e durature, e quali opportunità possono derivarne per la crescita del capitale umano e la competitività del sistema regionale e nazionale?

Martelli: Il tema della sostenibilità è un tema centrale per il nostro Ateneo ed è una delle linee di lavoro principali per noi. Basti pensare al grande e convinto impegno che stiamo approfondendo nell'Alleanza Europea EU GREEN, che proprio nel tema della sostenibilità ha uno dei suoi principi fondativi. Chiaramente si tratta di un tema molto ampio e sicuramente la cooperazione a tutti i livelli della società è un valore aggiunto: è una partita collettiva in cui il gioco di squadra è fondamentale e in cui ciascun componente della squadra può e deve dare un suo contributo. Le condizioni che rendono queste iniziative efficaci e

durature sono la complementarità delle competenze e dei ruoli dei vari attori in campo, e per questo la collaborazione interdisciplinare è un punto di partenza imprescindibile. La complementarità deve essere anche nei ruoli: le università hanno un ruolo legato alla formazione e alla ricerca scientifica (tipicamente a TRL – *Technology Readiness Level* – basso); gli enti di ricerca svolgono un ruolo di connessione tra la ricerca di base e quella più applicata; le imprese e gli enti del

territorio sono chiamati a elevare il TRL e "mettere a terra" le ricerche effettuate. Se questo viene fatto in modo virtuoso, il risultato sarà sicuramente una crescita di capitale umano e, di conseguenza, un aumento della competitività del sistema regionale e anche nazionale.

In un contesto di cambiamenti rapidi a livello globale, l'università è chiamata a rafforzare il proprio impegno verso la società attraverso la ricerca, la formazione e il public





engagement. In che modo esperienze come Ecosister possono contribuire a promuovere un modello di sviluppo sostenibile e a favorire l'internazionalizzazione e la diffusione della conoscenza come bene comune?

Martelli: Il valore dell'esperienza di Ecosister è stato quello di uniformare, anche grazie alle ingenti risorse del PNRR, un modo di lavorare nell'ambito della ricerca e del trasferimento tecnologico. Il Comitato Spoke Leader è stato un esempio di collaborazione tra gli atenei e i centri di ricerca della Regione che ha funzionato molto bene. Questo tipo di coordinamento (che già in parte avviene da anni in Regione grazie al contributo di ART-ER) contribuirà a promuovere un modello di sviluppo sostenibile del territorio. Sebbene Ecosister si basi su un orizzonte territoriale e si sia poco occupato di internazionalizzazione, gli approcci e le metodologie di lavoro e di *engagement* di tutti gli attori regionali possono certamente fornire delle buone prassi estendibili anche a collaborazioni e progettualità a livello internazionale. La diffusione della conoscenza come bene comune e l'impegno verso la società in senso lato sono già caratteristiche intrinseche del modo di agire del nostro Ateneo (e degli altri atenei regionali), ma le varie iniziative, ad esempio per le nostre dottorande e i nostri dottorandi, in termini di imprenditorialità, innovazione e tavoli di approfondimento sono state sicuramente utili a instillare queste caratteristiche anche nelle giovani generazioni della didattica e della ricerca del nostro Ateneo.

Il Consiglio Nazionale delle Ricerche e il progetto Ecosister Intervista a Vittorio Morandi

Vittorio Morandi è Direttore dell'Istituto per lo Studio dei Materiali Nanostrutturati del CNR e Presidente dell'Area Territoriale di Ricerca di Bologna del CNR.

Nel progetto Ecosister, sostenuto dal PNRR e sviluppato in Emilia-Romagna, si è costruita una collaborazione tra università, enti di ricerca e sistema produttivo per accompagnare la transizione ecologica e digitale. Quali aspetti di questa esperienza ritiene più significativi per comprendere come sta cambiando il ruolo di un ente di ricerca nei nuovi ecosistemi dell'innovazione e nel rapporto con il territorio?

Morandi: L'esperienza di Ecosister offre un esempio molto chiaro di come stia evolvendo il ruolo degli enti di ricerca nei nuovi ecosistemi dell'innovazione, soprattutto quando si tratta di un ente nazionale e multidisciplinare come il CNR inserito in strategie territoriali ben definite come quelle dell'Emilia-Romagna. In sintesi, si possono evidenziare quattro aspetti tra i più significativi:

1. L'ente di ricerca al centro di un ecosistema di innovazione interconnesso a livello nazionale e internazionale.

Tradizionalmente la ricerca pubblica ope-

rava in modo lineare, dalla produzione di conoscenza al trasferimento tecnologico, da realizzare caso per caso in base alle condizioni che occasionalmente si venivano a creare. Ecosister mostra che oggi l'ente di ricerca è un nodo permanente di un sistema integrato e costantemente connesso con altre realtà territoriali nazionali e internazionali: università, centri di ricerca, imprese, istituzioni locali e filiere produttive collaborano non come attori separati, ma come componenti di un'unica infrastruttura regionale dell'innovazione. Questo implica: maggiore condivisione di agende strategiche con università, imprese e pubblica amministrazione; partecipazione stabile a piattaforme e laboratori congiunti; progettazione orientata a missioni regionali (sostenibilità, transizione ecologica, salute, energia, digitalizzazione ...).

2. Ricerca più orientata all'impatto

Ecosister rende evidente che il valore di un ente di ricerca nazionale e multidisciplinare non è solo nella produzione scientifica, ma nella capacità di generare impatti misurabili sul territorio facendo leva sulle proprie conoscenze, infrastrutture, massa critica e patrimonio relazionale: supporto ai processi di transizione ecologica e digitale delle imprese;

accelerazione dell'adozione di tecnologie deep tech; contributo a politiche pubbliche basate su evidenze scientifiche. L'ente diventa quindi un abilitatore di cambiamento, non un semplice fornitore di know how e risultati scientifici.

3. Nuovi modelli di collaborazione pubblico-privato

Il progetto porta a maturazione forme di collaborazione stabili tra pubblico e privato che in Emilia-Romagna il CNR opera

con successo da più di 15 anni: co-progettazione di soluzioni con le imprese e non mera consulenza occasionale; condivisione di infrastrutture (hub, laboratori, piattaforme di test, sviluppo di tecnologia); percorsi di innovazione aperta, dove ricerca e imprese co-sviluppano prototipi e dimostratori. Questo rafforza la capacità di un ente di ricerca come il CNR di agire come ponte tra conoscenza avanzata ed esigenze del tessuto produttivo.



4. Un ruolo attivo nella formazione e nelle competenze

La transizione ecologica e digitale richiede nuove competenze. Ecosister dimostra che un ente di ricerca come il CNR assume un ruolo importante anche nella formazione specialistica per imprese e pubbliche amministrazioni, creazione di competenze avanzate su tecnologie emergenti, attrazione di talenti e dottorati industriali. Non solo ricerca, dunque, ma formazione specialistica e mirata alle esigenze delle filiere produttive come leva strategica per l'innovazione territoriale.

In sintesi, Ecosister ha fornito la dimostrazione che un Ente di ricerca come il CNR integrato in un ecosistema di innovazione diventa: partner strutturale del territorio, non attore isolato; motore di impatti concreti, non solo di pubblicazioni; facilitatore di collaborazione tra istituzioni, imprese e cittadini; costruttore di competenze, oltre che generatore di conoscenza. È l'immagine di un modello di ricerca più aperto, più integrato e più orientato alle grandi missioni di trasformazione economica e sociale.

Le sfide legate alla sostenibilità e alla trasformazione tecnologica richiedono una cooperazione sempre più stretta tra mondo accademico, imprese e istituzioni. Quali condizioni rendono queste sinergie realmente efficaci e durature, e quali opportunità possono derivarne per la crescita del capitale umano e la competitività del sistema regionale e nazionale?

Morandi: Le sinergie tra mondo accademico, imprese e istituzioni diventano realmente efficaci e durature solo quando si creano condizioni strutturali, non occasionali, che rendono possibile una collaborazione continua. Le principali condizioni abilitanti sono:

1. Visione strategica condivisa e governance stabile

Le collaborazioni funzionano quando tutti gli attori – università, centri di ricerca, imprese, enti territoriali – si muovono sulla base di missioni comuni (ad esempio transizione ecologica, digitalizzazione dei processi produttivi); strumenti di coordinamento che evitano duplicazioni (cabine di regia, roadmap tecnologiche condivise); tempi di programmazione e modalità operative allineati tra settore pubblico e imprese. Questo crea conoscenza reciproca e fiducia e permette alle partnership di durare oltre il singolo progetto, diventando stabile e parte integrante dell'ecosistema territoriale.

2. Infrastrutture e piattaforme comuni

Le sinergie diventano solide quando esistono laboratori congiunti, testbed, living lab; ecosistemi territoriali dove imprese e ricerca condividono spazi, attrezzature e dati; infrastrutture fisiche e digitali che facilitano collaborazione e sperimentazione. L'accesso condiviso riduce i costi per le imprese e accorcia la distanza tra ricerca e applicazione industriale. Il CNR in Emilia-Romagna ha queste infrastrutture, ad esempio il Tecnopolo Bologna CNR, che rendono concrete ed efficaci le partnership pubblico-private per promuovere lo sviluppo e l'innovazione.

3. Meccanismi di collaborazione flessibili ed efficaci

Servono strumenti operativi che rendano semplice lavorare insieme: contratti di ricerca rapidi e modulabili, percorsi di innovazione aperta, dottorati industriali, assegni e borse co-finanziate, governance della proprietà intellettuale chiara. La flessibilità riduce barriere burocratiche e velocizza i cicli di innovazione. A questo scopo sono abilitanti strutture intermedie, come ad esempio le società consor-

tili pubblico-private senza scopo di lucro che il CNR ha in Emilia-Romagna, che nascono per connettere il mondo della ricerca e quello delle imprese realizzando progetti congiunti mettendo a fattor comune risorse e capacità di settori diversi.

4. Investimenti continui in competenze e capitale umano

Una sinergia funziona quando viene alimentata da persone che possiedono competenze aggiornate: programmi di formazione continua per lavoratori e manager; percorsi di skilling e reskilling sulle tecnologie emergenti, attrazione e valorizzazione di talenti (ricercatori, dottorandi, tecnologi); figure "ibride" capaci di dialogare tra scienza e impresa (innovation manager, data specialist). Questo rende il sistema più resiliente ai cambiamenti tecnologici.

5. Fiducia reciproca e cultura della collaborazione

Spesso il fattore determinante non è tecnico ma culturale: apertura alla condivisione (dati, know-how, risultati); tempi e linguaggi compatibili tra accademia e industria; trasparenza sugli obiettivi e sulla gestione dei risultati. Le relazioni di fiducia permettono partnership più ambiziose e con maggiore impatto. L'esperienza del CNR in Emilia-Romagna, con il suo tecnopolo e le sue strutture dedicate alla ricerca industriale e all'innovazione, dimostra che questa è la strada maestra da perseguire con continuità e determinazione.

Le opportunità generate da queste sinergie sono molteplici e riguardano in particolare:

1. Crescita del capitale umano

Sviluppo di competenze avanzate su tecnologie chiave (green tech, manifattura

digitale, intelligenza artificiale); nuove professionalità richieste dalle imprese, generate attraverso percorsi congiunti; maggiore occupabilità per studenti e ricercatori. Si crea un circolo virtuoso che parte dalle competenze per generare innovazione e nuove opportunità di crescita e sviluppo che a loro volta promuovono e fanno emergere nuove competenze.

2. Maggiore competitività regionale e nazionale

Imprese più innovative e capaci di stare nelle catene globali del valore; riduzione del gap tecnologico tra ricerca e applicazione industriale; rafforzamento delle filiere locali nei settori strategici (materiali, life sciences, energia, mobilità). Un territorio con centri di ricerca di livello internazionale, imprese dinamiche e istituzioni coordinate diventa più attrattivo per investimenti e talenti.

3. Accelerazione della transizione ecologica e digitale

Le collaborazioni permettono sperimentazioni e prototipi più rapidi, facilitando: l'adozione di tecnologie pulite e sostenibili, la digitalizzazione dei processi produttivi; la creazione di soluzioni che rispondano alle esigenze reali del territorio.

In sintesi

Le sinergie funzionano se c'è visione comune, governance condivisa, infrastrutture, competenze e fiducia. Quando queste condizioni esistono, come nel caso dell'Emilia-Romagna, i benefici si moltiplicano: crescita del capitale umano, innovazione diffusa, maggiore competitività e una transizione ecologica e digitale più rapida e inclusiva.

In un contesto di cambiamenti rapidi a livello globale, il CNR è chiamato a rafforzare il proprio impegno verso la società attraverso



la ricerca, la formazione e il public engagement. In che modo esperienze come Ecosister possono contribuire a promuovere un modello di sviluppo sostenibile e a favorire l'internazionalizzazione e la diffusione della conoscenza come bene comune?

Morandi: Esperienze come Ecosister rappresentano un caso di studio e mostrano in modo concreto come un ente di ricerca come il CNR possa agire da protagonista in un modello di sviluppo sostenibile, aperto e orientato al bene comune. Il

contributo si manifesta su tre piani principali: ricerca, formazione, relazione con la società.

1. Ricerca come motore di sviluppo sostenibile

Ecosister rappresenta un laboratorio avanzato per affrontare le grandi transizioni – ecologica, energetica, digitale – attraverso progetti interdisciplinari che uniscono competenze ingegneristiche, ambientali, sociali ed economiche; co-progettazione con imprese e istituzioni, che accelera l'applicazione di soluzioni sostenibili in settori come energia, materiali, agrifood, mobilità; dimostratori e living lab che permettono di testare sul territorio innovazioni reali, rendendo più rapido il passaggio dalla ricerca all'impatto. Questo approccio consente al CNR di trasformare la ricerca in politiche, tecnologie e servizi pubblici utili alla comunità.

2. Formazione e crescita del capitale umano

Ecosister favorisce un nuovo modo di fare formazione, più integrato e più vicino alle esigenze del Paese: programmi formativi su competenze green e digitali, fondamentali per la competitività delle imprese; dottorati industriali e percorsi professionalizzanti che creano figure in grado di dialogare tra scienza, tecnologia e industria; mobilità internazionale di ricercatori e studenti, grazie a reti europee e globali collegate al progetto. In questo modo il CNR contribuisce a costruire un capitale umano che non solo risponde ai bisogni attuali, ma anticipa le competenze richieste dai futuri mercati globali.

3. Public engagement e conoscenza come bene comune

Ecosister rafforza un modello di ricerca aperta, trasparente e partecipativa: coin-

volge amministrazioni locali, cittadini, scuole, comunità professionali, avvicinando la scienza alla società; valorizza la divulgazione e l'uso di dati e risultati di ricerca come patrimonio condiviso; sostiene processi decisionali pubblici basati su evidenze scientifiche, aumentando fiducia, consapevolezza e partecipazione. Il CNR, in questo ruolo, non è solo produttore di conoscenza ma garante della sua circolazione e fattore abilitante del suo utilizzo nell'ecosistema territoriale.

4. Internazionalizzazione come leva di apertura e competitività

Grazie alla dimensione regionale di Ecosister, sostenuta dal PNRR ma agganciata a reti europee e globali, il CNR può rafforzare partenariati con università e centri di ricerca internazionali su temi chiave della transizione ecologica e della digitalizzazione; attrarre investimenti, talenti e progetti europei (Horizon Europe, Digital Europe, Mission Climate); portare all'estero modelli territoriali replicabili basati su "ecosistemi dell'innovazione". L'internazionalizzazione diventa così non solo una strategia scientifica, ma un modo di condividere buone pratiche di sostenibilità e diffondere conoscenza come bene pubblico.

| In sintesi

Esperienze come Ecosister permettono al CNR di guidare la transizione verso modelli di sviluppo sostenibili; formare la nuova generazione di ricercatori e professionisti; rafforzare il rapporto tra scienza e società; favorire l'internazionalizzazione e la condivisione della conoscenza. Si tratta quindi di un esempio di come un ente di ricerca possa diventare un attore di trasformazione sociale, non solo un produttore di risultati scientifici.

Il contributo dei partner del Progetto Ecosister

ALMACUBE

Laura Toschi – Presidente Almacube

Ecosister ha rappresentato per Almacube un'esperienza di collaborazione ampia e trasversale all'interno del TTIP che ha abbracciato tutte le dimensioni del programma, dal public engagement nei progetti di innovazione per la pubblica amministrazione e la società civile, al trasferimento tecnologico, fino all'incubazione e accelerazione di spin-off e start-up. L'iniziativa ha rafforzato le connessioni tra ricerca e impresa, valorizzando il nostro ruolo nell'evoluzione del mindset accademico-imprenditoriale e nell'accelerazione dei processi di innovazione nelle imprese. Grazie ai programmi di open innovation e all'attivazione degli Open Innovation Scouting, abbiamo contribuito a ridurre la distanza tra produzione della ricerca e strategie d'innovazione delle imprese, favorendo l'applicazione concreta dei risultati scientifici. Con le attività di incubazione e accelerazione abbiamo reso sistemica la collaborazione con le università regionali, generando progetti congiunti sulle deep tech in chiave ambientale. Da queste sinergie stanno nascendo nuove progettualità congiunte, a conferma della valenza strutturale e dell'effetto volano esercitato da Ecosister sull'ecosistema dell'in-

novazione. Infine, le nostre competenze di human-centered design e il network di start-up hanno mostrato un alto potenziale di impatto economico-sociale in particolare negli ambiti presieduti dalla pubblica amministrazione.

BI-REX – BIG DATA INNOVATION & RESEARCH EXCELLENCE

Domenico Bambi – Presidente BI-REX

Il progetto Ecosister ha rappresentato per BI-REX un'opportunità concreta di valorizzazione di competenze e tecnologie avanzate nel campo della manifattura digitale, della sostenibilità e della formazione, nonché un'esperienza strategica di innovazione e collaborazione territoriale. Attraverso attività di mentoring, accelerazione e Open Innovation, BI-REX ha contribuito all'accelerazione di start-up e alla diffusione di pratiche sostenibili. Promuovendo sinergie tra ricerca, industria e territorio, Ecosister ha generato un impatto concreto sul territorio, favorendo competenze, cultura scientifica e nuove prospettive per l'ecosistema dell'innovazione, soprattutto a riguardo della transizione verso il digitale delle PMI. Guardiamo al futuro con l'ambizione di consolidare queste collaborazioni e ampliarne l'impatto sul territorio.

CENTRO CERAMICO

**Elisa Franzoni – Direttore Scientifico
Centro Ceramico**

Il Centro Ceramico è stato parte attiva in vari Spoke del progetto Ecosister, con contributi che spaziano dalla ricerca per la sostenibilità di prodotto e di processo nell'industria ceramica al trasferimento tecnologico e ai programmi di innovazione. La partecipazione a questo Ecosistema ha rappresentato un'esperienza di grandissimo valore ai fini del potenziamento delle capacità di ricerca e di innovazione del Centro. Da un lato, il progetto ha reso possibile un ampliamento delle linee di ricerca verso tematiche ancor più strettamente legate alla sostenibilità rispetto a quelle già in essere al Centro, con un generale miglioramento dell'impatto dei risultati della ricerca verso il tessuto industriale del distretto ceramico, su tematiche strategiche. Dall'altro, Ecosister ha costituito un'importante occasione di collaborazione e networking con altri centri di ricerca che, come il Centro Ceramico, sono enti privati a partecipazione pubblica o mista. Il confronto con realtà simili dell'Emilia-Romagna ha infatti rappresentato un momento di miglioramento importante, aprendo anche la strada a nuove sinergie e collaborazioni negli ambiti della ricerca e sviluppo.

CERTIMAC

**Gian Domenico Burbassi –
Presidente Certimac**

Ecosister ha offerto a Certimac l'opportunità di operare in un ecosistema regionale all'avanguardia per la transizione sostenibile, con un impatto concreto su clima, energia e mobilità. Attraverso il nostro contributo nello Spoke 1, dedicato allo sviluppo di materiali sostenibili per la transizione ecologica, e nello Spoke 4 – mobilità smart, abitazione ed energia a

zero emissioni – abbiamo sperimentato materiali innovativi, processi industriali green e soluzioni integrate per edifici e infrastrutture efficienti. Questa esperienza ha consolidato le nostre competenze e rafforzato la nostra capacità di trasferire know-how, traducendo ricerca e innovazione in strumenti d'impatto e replicabili. Guardiamo avanti con slancio: le reti, le conoscenze e le pratiche nate con Ecosister ci spingono a progettare iniziative che puntano a decarbonizzazione, economia circolare, resilienza urbana e sviluppo industriale sostenibile, generando valore tangibile per comunità e filiere del territorio.

CINECA

Francesco Ubertini – Presidente CINECA

L'azione Ecosistema Territoriale di Innovazione dell'Emilia-Romagna – Ecosister ha generato una collaborazione in ambito di sostenibilità tra ricerca, industria e istituzioni, valorizzando la partecipazione del CINECA come infrastruttura tecnologica a supporto dell'innovazione. Nel contesto della trasformazione digitale e della rivoluzione dell'intelligenza artificiale, l'azione di Ecosister, sfruttando le competenze specialistiche e l'infrastruttura di supercalcolo, il cloud computing per l'intelligenza artificiale e la gestione dei dati del Tecnopolo DAMA di Bologna, ha indotto sinergie tra ricerca, industria, servizi e pubblica amministrazione in grado di cogliere le potenzialità per elaborare i nuovi casi d'uso e le nuove soluzioni di produzione indotte dalla già presente azione di AI Factory IT4LIA, e in prospettiva dai servizi cloud europei, come quelli che saranno disponibili mediante l'azione AI Gigafactory attivata dalla Commissione Europea. Questa visione di prospettiva e la continua azione di formazione promosse da CINECA stanno accelerando lo sviluppo

economico e strutturale del territorio con soluzioni avanzate, favorito l'uso consapevole delle risorse digitali da parte del sistema industriale, anche da parte delle piccole e medie imprese, e consolidato la comunità di ricerca e innovazione all'interno di Ecosister. In prospettiva di persistenza emerge l'importanza di una governance condivisa di infrastrutture digitali interoperabili e di un approccio integrato alla sostenibilità. Guardando al futuro, CINECA intende capitalizzare questa esperienza per sviluppare servizi evoluti a sostegno della transizione digitale ed ecologica, promuovendo iniziative nazionali ed europee che integrino supercalcolo e cloud service per IA, a supporto dell'innovazione a livello nazionale e territoriale.

CONSORZIO MUSP

Dario Capellini – Presidente MUSP

La partecipazione del Consorzio MUSP al progetto Ecosister ha rappresentato un'importante occasione di collaborazione e innovazione. Nello Spoke 1, dedicato ai materiali per la transizione sostenibile, MUSP ha contribuito allo sviluppo di soluzioni leggere e ad alte prestazioni per la mobilità e l'aerospazio, in sinergia con università ed enti di ricerca. Nello Spoke 3, focalizzato sulla manifattura verde, ha supportato la validazione di processi produttivi a basso impatto energetico e l'adozione di tecnologie digitali per l'efficienza industriale. Attraverso il programma TTIP, MUSP ha inoltre partecipato alle attività di trasferimento tecnologico e ai bandi a cascata rivolti alle imprese regionali, favorendo il dialogo tra ricerca, start-up e industria. In prospettiva, l'esperienza maturata consentirà di consolidare nuove filiere innovative e di promuovere una manifattura sempre più sostenibile, digitale e competitiva.

CONSORZIO PROAMBIENTE

Paolo Bonasoni – Presidente PROAMBIENTE

Il progetto Ecosister ha offerto a PROAMBIENTE Tecnopolo Bologna CNR, un'importante occasione di innovazione, favorendo lo sviluppo di tecnologie avanzate su temi centrali come il monitoraggio della qualità dell'aria outdoor e indoor e le tecnologie per l'osservazione degli ambienti costieri sommersi tramite robot acquatici. Queste attività hanno permesso di promuovere strategie avanzate per la sostenibilità ambientale e per il rafforzamento delle filiere industriali regionali. Il progetto ha inoltre consolidato la collaborazione tra i ricercatori di PROAMBIENTE, del CNR delle sedi di Bologna, insieme agli altri partner coinvolti, favorendo la crescita di un ecosistema di ricerca regionale più integrato e qualificato. Un elemento di grande valore è stato il coinvolgimento di giovani ricercatori industriali nei processi di ideazione e sviluppo di tecnologie green, che hanno potuto rafforzare le proprie competenze all'interno di un contesto di ricerca applicata e multidisciplinare.

CONSORZIO T3LAB – TECHNOLOGY TRANSFER TEAM

Filippo Forni – Direttore T3LAB

Il progetto Ecosister ha rappresentato una grande occasione per l'ecosistema emiliano-romagnolo della ricerca industriale, rafforzando i rapporti tra i diversi enti di ricerca e sviluppo. Il progetto ha consentito di generare una comunità dedicata all'innovazione, che potrà proseguire questo percorso indirizzandosi sempre più verso il tessuto imprenditoriale del territorio.

CRPA – CENTRO RICERCHE

PRODUZIONI ANIMALI

Simona Caselli – Presidente CRPA

Nell'ottica di un'economia circolare e sostenibile, è necessario considerare la





materia organica di scarto del settore agro-alimentare come una risorsa con un potenziale ancora da sfruttare. La digestione anaerobica è una biotecnologia in grado di trasformarla in energia rinnovabile (biogas e biometano) e, parallelamente, produrre un effluente risultante dal processo, il digestato, ricco di nutrienti per la fertilizzazione del suolo. All'interno dello Spoke 5 di Ecosister, CRPA ha sviluppato diverse linee di ricerca: valorizzazione di scarti ittici, realizzazione di un prototipo di processo per la produzione di acidi organici da biomasse, modelli predittivi per la valutazione dei nutrienti nel digestato, studio di sistemi di trattamento del digestato per ottenere biofertilizzanti. Ecosister è parte attiva nella transizione green dei sistemi produttivi e rinforza ulteriormente l'ecosistema della ricerca dell'Emilia-Romagna.

**ENEA – AGENZIA NAZIONALE PER
LE NUOVE TECNOLOGIE, L'ENERGIA
E LO SVILUPPO ECONOMICO
SOSTENIBILE**

Francesca Mariotti – Presidente ENEA

Ecosister, finanziato dal MUR nell'ambito del PNRR, rappresenta un modello concreto di collaborazione pubblico-privata per creare un ecosistema territoriale di ricerca, sviluppo tecnologico e innovazione in Emilia-Romagna. Il progetto ha attivato percorsi di innovazione che privilegiano dialogo, collaborazione e sostenibilità, coinvolgendo direttamente cittadini e territori come attori fondamentali. L'esperienza maturata evidenzia un metodo condiviso per le comunità locali che integra, con un approccio multidisciplinare, tecnologie energetiche e digitali con la tutela ambientale, in coerenza con le strategie regionali, nazionali ed europee. Questa integrazione si traduce in interventi concreti e misurabili sul territorio, capaci di promuovere sviluppo

sostenibile e resilienza. La sinergia tra partner pubblici e privati ha rafforzato una rete stabile di competenze e relazioni, migliorando la capacità di rispondere in modo efficace ai bisogni reali delle comunità. Questo ha portato a risultati tangibili, come la sperimentazione di soluzioni innovative in ambiti energetici e digitali, oltre al rafforzamento delle competenze locali. Un elemento chiave del progetto è il coinvolgimento attivo dei territori nella definizione di temi, priorità e traiettorie di innovazione. Considerare cittadini e territori nuovi protagonisti, allo stesso livello di imprese, centri di ricerca e investitori – pur con ruoli e competenze differenti – offre un modello replicabile e strutturabile nelle politiche regionali. Tale inclusione favorisce una rigenerazione economica, ambientale e sociale concreta, basata su processi partecipativi e co-progettazione.

FONDAZIONE DEMOCENTER SIPE
Roberto Zani – Presidente Democenter

L'esperienza maturata nell'ambito del progetto Ecosister si è rivelata estremamente positiva e strategicamente arricchente. Questa ha rappresentato una concreta opportunità per la crescita del sistema dell'innovazione, stabilendo un contesto dinamico in cui la collaborazione sinergica tra enti di ricerca, imprese e operatori dell'innovazione è risultata essere l'elemento centrale. L'apertura e il proattivo coinvolgimento delle aziende hanno favorito l'instaurarsi di un dialogo e la nascita di relazioni capaci di valorizzare l'unione delle diverse competenze presenti nel network e di generare nuove opportunità di sviluppo congiunto. Guardando al futuro, Ecosister si configura come uno strumento fondamentale per rafforzare ulteriormente il lavoro collaborativo tra i partecipanti al sistema, consolidando la rete e la sua capacità di

condividere sfide, idee e percorsi di crescita innovativi.

FONDAZIONE REI – REGGIO EMILIA INNOVAZIONE

Fausto Mazzali – Presidente Fondazione REI

Fondazione REI ha operato nel Pillar TTIP di Trasferimento Tecnologico e Innovation Program. Fondazione ha apportato al progetto competenze e relazioni che hanno contribuito alle azioni di trasferimento tecnologico in particolare verso le imprese di Reggio Emilia. Mediante la propria unità Tech-Up Accelerator ha contribuito alla selezione, accelerazione e incubazione di spin-off universitari e start-up orientate alla sostenibilità, accompagnando gli aspiranti imprenditori verso il mercato. Io ho partecipato anche come imprenditore ai programmi di TTIP e ne ho apprezzato la pragmaticità e l'efficacia. Riconosco che nei tre anni di progetto i team di lavoro hanno sviluppato metodi efficaci e relazioni professionali profonde. Mi auguro che la Regione Emilia-Romagna, apprezzando i risultati ottenuti, decida di proseguire le attività per valorizzare il capitale di metodi e relazioni sviluppato da Ecosister.

INFN – ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

Antonio Zoccoli – Presidente INFN

Nell'ambito di Ecosister, l'INFN ha il ruolo di fornire supporto per l'uso delle risorse di calcolo indispensabili per il raggiungimento degli obiettivi del progetto. L'INFN ha costruito e gestisce direttamente e attraverso il progetto ICSC, il Centro Nazionale di Ricerca in HPC, Big Data e Quantum Computing, un sistema cloud distribuito complementare ai grandi sistemi HPC di CINECA, in grado di soddisfare una grande varietà di casi d'uso. La partecipazione a Ecosister ha

consentito di ampliare la platea di utenti dell'infrastruttura, sia in ambito accademico, sia nel contesto del mondo produttivo, aumentando così le competenze e il portafoglio di soluzioni offerte. In futuro, ICSC svolgerà un ruolo sempre più centrale nell'indirizzare le esigenze di calcolo della ricerca e delle imprese italiane. L'INFN, come parte fondante di ICSC, sarà in prima linea nel contribuire a questa impresa.

LEAP – LABORATORIO ENERGIA E AMBIENTE PIACENZA

Stefano Consonni – Presidente LEAP

Il progetto Ecosister ha rappresentato un'occasione unica per gli attori della ricerca e dell'innovazione regionale per compiere tre passi fondamentali nella transizione ecologica: consolidare le proprie competenze tecnico-scientifiche, esplorare ambiti di frontiera e generare nuova conoscenza di ecosistema.

MISTER SMART INNOVATION

Michele Muccini – Presidente MISTER

Il progetto Ecosister ha rappresentato per MISTER un'opportunità per mettere a frutto le sue competenze e le sue capacità di sviluppare tecnologia valorizzando la conoscenza generata dai laboratori di ricerca delle università e dei centri di ricerca pubblici e privati. Ecosister ha rafforzato il ruolo di MISTER nell'ecosistema regionale dell'innovazione creando nuove connessioni all'interno delle filiere industriali della regione Emilia-Romagna. Il successo delle attività svolte, e le relazioni stabilite, hanno posto le basi per realizzare nuova progettualità multisettoriale e multidisciplinare in ambito regionale, nazionale ed europeo. L'esperienza dell'Ecosistema Ecosister è stata per MISTER sicuramente positiva e foriera di nuove opportunità di sviluppo.

POLITECNICO DI MILANO

Donatella Sciuto – Rettrice Politecnico di Milano

Il Polo Territoriale di Piacenza del Politecnico di Milano si inserisce nella rete regionale strutturata intorno a Ecosister con una forte vocazione per l'innovazione e la sostenibilità, sfruttando le competenze specialistiche interdisciplinari messe a disposizione dai diversi dipartimenti che contribuiscono alle attività di ricerca e didattica sviluppate nel Polo stesso. Nei 5 Spoke che strutturano le attività di Ecosister, attraverso progetti di ricerca applicata in sinergia con partner locali, il Polo di Piacenza ha potuto consolidare il proprio impegno per potenziare il trasferimento tecnologico verso le imprese. Oltre al consolidato impegno sui temi della logistica (Osservatorio Contract Logistics "Gino Marchet"), della meccanica (Tecnopolo MUSP) e della transizione energetica (Tecnopolo LEAP), nel contesto del PNRR hanno acquisito rilievo altre problematiche centrali nell'agenda dello sviluppo sostenibile quali: nuovi materiali, green manufacturing ed economia circolare, le trasformazioni dell'ambiente costruito (housing, mobility) verso la decarbonizzazione e il miglioramento della qualità dell'aria.

ROMAGNA TECH

Enrico Sangiorgi – Presidente Romagna Tech

Nello Spoke 1, dedicato ai materiali per la transizione ecologica, Romagna Tech ha contribuito a sviluppare soluzioni per la sostenibilità dei cicli produttivi, come ad esempio lo studio della produzione di filamenti per la stampa 3D partendo da rifiuti plastici. Nello Spoke 3, incentrato sulla manifattura verde e digitale, ha progettato e testato uno smart sensor node e una piattaforma di monitoraggio come soluzioni digitali per la competi-

tività delle imprese. Ha inoltre partecipato alle attività di trasferimento tecnologica e di creazione di impresa. Ecosister è stata un'opportunità strategica per accrescere le competenze interne, sviluppare lo scambio con il sistema della ricerca e consolidare il ruolo di facilitatore dell'innovazione sostenibile, rafforzando così l'obiettivo di avere ecosistemi collaborativi sempre più qualificati e competitivi, dove ricerca, impresa e territorio convergono per accelerare la transizione sostenibile e digitale.

UNIVERSITÀ CATTOLICA DEL SACRO CUORE

Elena Beccalli – Rettore Università Cattolica del Sacro Cuore

Essere parte di Ecosister si dimostra un'esperienza di incroci, incontri e sinergie tra saperi diversi e tra ambienti di ricerca non sempre in condizione di dialogare fra loro. È stata indubbiamente una grande opportunità di accesso a risorse fresche e nuove, non solo finanziarie. Un luogo propizio, uno spazio favorevole, un tempo per riflessioni puntuali e mai scontate. Un laboratorio di idee e di proposte fondate su un metodo, mai ridotto a puri formalismi burocratici, ma che al contrario si è contraddistinto per agilità e rigore. E la concretezza dei risultati ottenuti con questo intenso, serio e talora innovativo operare ha posto al centro la vera bellezza del progetto, la vera ragion d'essere del processo ossia consentire una reale innovazione, l'avvio di una decisa transizione allo sviluppo sostenibile dei nostri territori e delle nostre comunità.

Materiali innovativi per tecnologie sostenibili: l'esperienza dello Spoke 1

Intervista a Michele Muccini

Michele Muccini è Dirigente di Ricerca del CNR-ISMN, Coordinatore dello Spoke 1 e Coordinatore del Comitato Spoke Leader della Fondazione Ecosister.

Qual è stato l'approccio del vostro gruppo di lavoro e quali sono le aree su cui vi siete concentrati?

Muccini: Il nostro obiettivo è sempre stato quello di prestare grande attenzione alla value chain e agli aspetti applicativi. Abbiamo coinvolto, anche attraverso i bandi a cascata, numerose imprese sia in regione sia nel Sud Italia, identificando gli stakeholder e i principali player di riferimento per le attività che abbiamo sviluppato. Il nostro Spoke è dedicato ai materiali per la sostenibilità e per l'abilitazione di processi che garantiscano le stesse performance – o anche migliori – rispetto alle tecnologie tradizionali, ma con una forte attenzione all'impatto ambientale ed ecologico. I materiali, per loro natura, sono elementi abilitanti per diverse applicazioni; per questo ci siamo strutturati in modo da poter contribuire ai settori industriale, agroalimentare, edilizia, salute, mobilità e aerospazio, individuando soluzioni verticali basate sui materiali più avanzati per ciascun ambito. L'ecosistema in cui operiamo ha una vocazione fortemente

innovativa, in quanto mira a fare da ponte tra la ricerca di frontiera per lo sviluppo di conoscenza e le applicazioni più specifiche e concrete. Ed è in quest'ottica che abbiamo lavorato sulla componente innovativa dei materiali e sulla loro applicazione industriale. Un esempio riguarda i materiali compositi, ovvero combinazioni di materiali diversi con elevate prestazioni, utilizzati ad esempio nell'automotive o in ambito nautico. Uno dei temi di maggiore rilevanza riguarda la produzione mondiale di fibre di carbonio che non è sufficiente a soddisfare la domanda crescente dal mercato. In quest'ottica abbiamo dimostrato che le fibre di carbonio riciclate possono mantenere le stesse caratteristiche meccaniche di quelle vergini, contribuendo al tempo stesso al miglioramento della sostenibilità.

In collaborazione con Herambiente, abbiamo avuto la possibilità di contribuire a mettere a punto un impianto per il riciclo di fibre di carbonio, che consente di riutilizzare scarti di composito e reinserirli in nuovi processi produttivi come materia prima seconda. Questo approccio ha trovato applicazione concreta, ad esempio, nella costruzione di componenti automobilistiche realizzate interamente con materiali riciclati e sostenibili, riducendo

così in modo significativo l'impatto ambientale del settore. Abbiamo inoltre sviluppato materiali compositi *fire retardant*, capaci di rallentare la diffusione del fuoco, particolarmente utili nel settore nautico, dove sono richieste leggerezza, resistenza e sicurezza. Anche in questo caso, l'impiego di materiali riciclati aggiunge valore, sostenendo gli obiettivi ambientali delle aziende. Infine, nell'ambito delle costruzioni antisismiche, stiamo lavorando alla sostituzione dell'acciaio – elemento vul-

nerabile alla corrosione – con compositi a base di carbonio, più durevoli e riciclabili.

Qual è stato l'impatto delle applicazioni sviluppate in altri settori, in particolare nei settori dell'ambiente, dell'agricoltura e della salute?

Muccini: Un tema cruciale dal punto di vista ambientale riguarda l'inquinamento delle acque. In questo contesto abbiamo sviluppato tecnologie per il monitoraggio



e il trattamento di inquinanti emergenti utilizzando materiali di scarto industriali riprocessati e combinati con componenti di origine naturale. Da questi materiali sono nate soluzioni capaci di integrare le tecnologie convenzionali attualmente inefficaci nel controllo della qualità di acque potabili e marine. Un caso di studio significativo è stato infatti realizzato nell'area del Mar Piccolo di Taranto, dove ci siamo concentrati sulla rimozione di metalli pesanti e contaminanti organici come i PFAS da acqua a diversa salinità ottenendo risultati concreti nella lotta all'inquinamento ambientale in un'ottica di economia circolare.

Nel campo dell'agricoltura, abbiamo adottato un approccio integrato lungo tutta la filiera. Da un lato, abbiamo sviluppato sensori "in vivo" per il monitoraggio dello stato fisiologico delle piante, in grado di fornire dati in tempo reale e favorire l'agricoltura di precisione, minimizzando così l'uso di acqua e altre risorse, consentendo interventi mirati. Dall'altro, abbiamo realizzato strumenti portatili per il controllo della qualità e della sicurezza nel settore lattiero-caseario, capaci di misurare *in situ* la presenza di antibiotici nel latte e di rilevare la lattoferrina, indicatore della salute dell'animale e della qualità del prodotto. Queste tecnologie evitano sprechi e perdite di prodotto, fornendo risposte immediate senza attendere analisi di laboratorio. Abbiamo poi applicato sistemi simili per contrastare la contraffazione alimentare – ad esempio nel vino e nell'olio – attraverso tecnologie ottiche che tracciano e autenticano la filiera del prodotto. Parallelamente, lavoriamo sul packaging sostenibile, sostituendo le plastiche di origine fossile con biopolimeri di origine naturale o ottenuti da fonti rinnovabili, dotati di adeguate proprietà meccaniche e barriera, ma completamente

compostabili e non inquinanti. L'impatto di questa innovazione è enorme, considerando la diffusione del packaging alimentare nella vita quotidiana.

Infine, ci siamo occupati anche del tema della salute, dove i materiali hanno un ruolo abilitante fondamentale. Abbiamo sviluppato matrici tridimensionali per la crescita cellulare e l'ingegneria tissutale, che permettono di evitare l'uso di antibiotici nei modelli in vitro, riducendo i rischi biologici e ambientali. Sempre in questo ambito, abbiamo realizzato patch intelligenti per la cura delle ferite, come biomembrane dotate di sensori e sistemi di rilascio controllato di molecole terapeutiche, capaci di monitorare lo stato della ferita in tempo reale e trasmettere i dati in modalità wireless.

Tra i progetti finanziati attraverso i bandi a cascata, uno dei più significativi riguarda una tecnologia sviluppata da un'azienda dell'Emilia-Romagna per sostituire i mezzi di contrasto iodati utilizzati nelle TAC con l'anidride carbonica, un gas naturale e biocompatibile che consente di ottenere immagini tridimensionali senza effetti collaterali. Si tratta di un'innovazione importante capace di eliminare i rischi legati alle funzioni renali o allergici dovuti ai mezzi di contrasto tradizionali. Questo insieme di attività – dai materiali avanzati alle tecnologie per l'ambiente, l'agricoltura e la salute – rappresenta un percorso coerente verso la sostenibilità, con soluzioni già vicine al mercato e un impatto concreto per imprese e cittadini.

Per quanto riguarda il tema della salute adottate un approccio One Health, che tiene insieme sostenibilità ambientale e benessere umano. Nel perseguire questo obiettivo, che tipo di dialoghi o collaborazioni avete avuto con altri Spoke all'interno di Ecosister?



Muccini: Esatto, il nostro approccio si basa proprio su una visione di sostenibilità integrata, in linea con il principio *One Health*, che mette in relazione la salute umana, quella animale e l'ambiente. È un modo di intendere la ricerca che ci permette di affrontare i problemi in maniera sistemica, considerando l'insieme di tutti gli elementi che contribuiscono al benessere complessivo. Abbiamo sempre lavorato in stretta connessione con gli altri Spoke di Ecosister, perché il nostro Spoke, dedicato ai materiali per la sostenibilità, è per sua natura fortemente interconnesso con molti altri ambiti. Quando parliamo di salute, di manifattura o di energia, le attività che sviluppiamo si intrecciano inevitabilmente con quelle degli altri Spoke. Fin dall'inizio abbiamo promosso progetti interni pensati proprio per favorire contaminazioni e sinergie tra le diverse aree di ricerca. Tutte le attività che portiamo avanti nascono infatti da un lavoro congiunto: collaboriamo con lo Spoke 2, dedicato all'energia; con lo Spoke 3, focalizzato sul manifatturiero; con lo Spoke 4, sui trasporti, in particolare per l'automotive; con lo Spoke 5, che si occupa di economia circolare e sostenibilità, con lo Spoke 6, sui modelli e l'intelligenza artificiale. Questo è possibile perché le nostre tecnologie hanno un ruolo abilitante rispetto alle attività degli altri Spoke, e ciò ha reso il dialogo e la collaborazione qualcosa di naturale. In molti casi, più che di singoli Spoke, si tratta di un vero e proprio progetto condiviso, dove le competenze si integrano e si rafforzano a vicenda, creando appunto un ecosistema di ricerca coeso e dinamico com'è Ecosister.

Rispetto al dialogo con altri centri di ricerca, università e partner industriali, come si è strutturata la collaborazione?

Muccini: Il progetto Ecosister, come sappiamo, è organizzato in Spoke guidati dal-

le università della regione e dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), e questo rappresenta uno dei maggiori punti di forza dell'iniziativa. Un'organizzazione del lavoro di questo tipo ha infatti permesso di mettere insieme l'intera componente di ricerca della regione con l'obiettivo di creare un sistema integrato. Credo che questo sia uno dei risultati più importanti: Ecosister ha favorito un vero coordinamento tra tutti gli attori della ricerca regionale, generando una consapevolezza matura su ciò che ciascuna istituzione realizza e sulle competenze diffuse sul territorio. Si tratta di un ecosistema ampio, che coinvolge migliaia di ricercatori, e che consente di valorizzare e condividere le specificità di ciascun gruppo di lavoro.

Ecosister è il primo esempio concreto di un progetto capace di integrare università, centri di ricerca e soggetti della rete regionale dell'alta tecnologia. Un valore che oggi sta già dando i suoi frutti e che andrà consolidato nel tempo. Naturalmente, l'applicazione industriale delle tecnologie sviluppate richiede anche un'attenzione agli investimenti e alla collaborazione con i distretti produttivi. Per questo abbiamo mantenuto un dialogo costante con i distretti tecnologici e coinvolto un numero mirato di imprese rappresentative dei diversi settori applicativi. Abbiamo però adottato un approccio ampio e condiviso, includendo anche soggetti esterni al progetto ma potenzialmente interessati ai risultati. Tutte le attività e i prodotti della ricerca sono pubblicati sul sito di Ecosister, in modo che chiunque possa consultarli, conoscerli e, se necessario, utilizzarli come base per ulteriori sviluppi. L'obiettivo è sempre stato massimizzare il ritorno per l'intero ecosistema regionale, attraverso la creazione di un patrimonio condiviso di conoscenze e tecnologie accessibili anche a chi non ha partecipato direttamente

al progetto, ma che può contribuire a farlo evolvere e crescere ulteriormente.

Qual è stato il suo ruolo all'interno dello Spoke e, più in generale, di Ecosister?

Muccini: Il mio ruolo è stato quello di Spoke Leader, ovvero di coordinare per il CNR tutte le iniziative e le attività che rientrano nello Spoke 1. Inoltre, in qualità di rappresentante del CNR nel Consiglio di amministrazione della Fondazione Ecosister, ho ricevuto il mandato di coordinare e guidare il programma scientifico nella sua globalità. Questo mi ha consentito di avere una visione non solo del lavoro svolto all'interno del nostro Spoke, ma anche di ciò che accade negli altri, comprendendo le diverse modalità e specificità con cui è stato strutturato l'intero programma di ricerca. Da questa prospettiva, posso apprezzare pienamente la ricchezza e la multidisciplinarietà del progetto. La struttura è chiara, ma al tempo stesso fortemente orientata alla collaborazione inter-Spoke, in modo tale da favorire le attività comuni e l'integrazione di competenze differenti. È un modello che sta funzionando e che ha già dimostrato il proprio valore nel mettere a sistema la ricerca e l'innovazione a livello regionale.

Ecosister è un progetto di grande portata, sostenuto da finanziamenti significativi del PNRR. In prospettiva, quali sviluppi prevedete e come pensate di valorizzare il lavoro svolto finora, così da mantenere viva la collaborazione interdisciplinare, considerando che difficilmente si ripeteranno investimenti di questa scala?

Muccini: Ecosister è stato un progetto molto ampio, che ha messo insieme competenze diverse e un approccio fortemente interdisciplinare. Ora la sfida è fare tesoro di quanto realizzato, analizzare in profon-

dità i risultati e capire su quali temi abbiamo avuto maggiore impatto, così da individuare azioni di follow-up efficaci. Questo lavoro si sta muovendo su più livelli. Il primo è quello nazionale, dove il Ministero sta già attivando diverse iniziative per non disperdere quanto costruito, favorendo la collaborazione tra i vari ecosistemi nati con il PNRR. In quest'ottica, abbiamo già risposto a call e proposte che mirano a creare sinergie tra ecosistemi territoriali diversi, partendo da temi di interesse comune. A livello regionale, invece, stiamo ragionando su come proseguire il percorso, spostando progressivamente il baricentro verso l'innovazione. L'obiettivo è continuare ad alimentare la ricerca, ma anche trasformare sempre di più i risultati in applicazioni concrete per le filiere industriali del territorio. Ci auguriamo che la Regione colga appieno il valore di quanto sviluppato e possa sostenerne la continuità. Naturalmente, non dimentichiamo il livello europeo. L'Europa, infatti, rappresenta per noi un punto di riferimento fondamentale. E l'esperienza maturata con Ecosister, grazie alla multidisciplinarietà e all'ampiezza delle compe-

tenze coinvolte, ci consente di partecipare con maggiore forza ai programmi quadro su temi strategici. Un altro elemento chiave che intendiamo consolidare è poi la sinergia pubblico-privato. Abbiamo già una rete di laboratori di alta tecnologia organizzati in forme consortili o in partnership tra enti di ricerca e imprese e crediamo che questo modello possa essere il volano capace di trasferire la conoscenza generata sul mercato, trasformandola in soluzioni concrete.

Abbiamo prodotto una grande quantità di conoscenza e ora dobbiamo fare in modo che diventi utilizzabile e applicabile a contesti specifici. In questo senso, la rete regionale dell'alta tecnologia rappresenta uno strumento essenziale: molti dei suoi soggetti partecipano già a Ecosister e potranno accompagnare i risultati verso una maggiore maturazione tecnologica, fino a coinvolgere le imprese nello sviluppo di nuovi prodotti basati su ciò che abbiamo costruito finora. Il tema, quindi, è quello di non disperdere le competenze acquisite e di continuare a innovare e applicare quanto sviluppato.

Materiali innovativi e sostenibili per il packaging

Intervista a Duccio Gallichi Nottiani

Duccio Gallichi Nottiani è Ricercatore in Ingegneria dei materiali presso l'Università degli Studi di Parma e componente dello Spoke 1 di Ecosister.

Qual è l'oggetto di questa ricerca e quali sono gli obiettivi che vi siete dati?

Gallichi Nottiani: Quello che abbiamo cercato di esplorare è lo sviluppo di nuovi materiali per il packaging, in particolare quello alimentare, anche se non in modo esclusivo. Il primo campo di applicazione naturale è proprio il packaging alimentare anche per ragioni territoriali: l'Università di Parma, come molte altre università emiliane, si trova in un contesto dove il settore agroalimentare è particolarmente rilevante. È quindi lì che si concentra il principale interesse, anche a livello industriale. Detto questo, il nostro è uno sviluppo preliminare e nulla vieta che, in futuro, possano emergere applicazioni in altri ambiti del packaging o persino in settori diversi. L'obiettivo principale è stato quello di combinare materiali polimerici, quindi plastiche sostenibili, biopolimeri ottenuti da fonti vegetali e/o biodegradabili. Spesso, nella percezione comune, questi due concetti vengono sovrapposti, ma in realtà non coincidono:

esistono polimeri derivati dal petrolio che sono biodegradabili, e polimeri di origine vegetale che non lo sono. Noi abbiamo cercato di individuare materiali che fossero rinnovabili e, possibilmente, anche biodegradabili, con un duplice interesse. Da un lato la provenienza del materiale, dall'altro il suo fine vita. L'intento era affrontare in modo il più possibile completo le problematiche legate alle plastiche, in particolare a quelle destinate al packaging, che rappresentano circa il 40% della produzione mondiale di plastica in termini di peso.

Si tratta di materiali progettati per avere una vita utile molto breve, perché una volta scartato l'imballaggio questo viene subito gettato. A differenza di un oggetto plastico durevole, come il guscio di un computer o di un telefono, il packaging ha una funzione effimera, e il suo impatto ambientale, dal problema del fine vita alla dispersione di microplastiche e al tema del riciclo, diventa quindi centrale. È un campo ampio e complesso, che abbiamo cercato di affrontare a 360 gradi. Abbiamo così studiato la combinazione di biopolimeri con scarti dell'industria agroalimentare: sottoprodotti che di solito vengono considerati rifiuti, talvolta riutilizzati in applicazioni a basso va-

NUMERO SPECIALE
Ecosister è...

lore aggiunto. La loro integrazione nei polimeri consente invece di ridurre la quantità di plastica impiegata e, al tempo stesso, di conferire nuove proprietà ai materiali, dando a questi scarti una seconda vita di valore. Il nostro lavoro è consistito nello studiare diverse combinazioni per valutarne le proprietà e la compatibilità con possibili applicazioni nel packaging. Ora, nella fase conclusiva del progetto, stiamo sviluppando prototipi realizzati con stampa 3D, che fungono da dimostratori concreti delle potenziali applicazioni dei materiali studiati.

Come è nata l'idea di questa ricerca e in che modo si è intrecciata con l'attività di Ecosister? Si tratta di un progetto preesistente che ha poi trovato in questo contesto un'accelerazione, oppure è nato direttamente all'interno di Ecosister?

Gallichi Nottiani: Non sono forse la persona più indicata a ricostruire l'origine del progetto, perché io sono arrivato con l'avvio delle attività di Ecosister con un contratto finanziato proprio dal programma. Mi sono trasferito a Parma e ho iniziato qui la mia attività. A monte c'era però un gruppo di ricerca già avviato: un team giovane guidato dal professor Daniel Milanese, docente ordinario, insieme al dottor Corrado Sciancalepore, ricercatore già presente prima del mio arrivo. Entrambi, negli anni precedenti, avevano sviluppato studi sia sui biopolimeri e sulle loro potenzialità, sia sull'impiego di scarti agroalimentari in nuovi materiali. Con l'avvio del progetto è stata condotta una prima fase di analisi dello stato dell'arte, estesa non solo ai lavori del gruppo, ma anche alla ricerca internazionale su questi temi, che sono oggi di grande interesse scientifico e industriale. È un campo con una produzione scientifica ampia, ma spesso



frammentata: da un lato c'è molta ricerca di base, poco applicativa; dall'altro studi più orientati all'industria, ma talvolta distanti dalle reali possibilità della ricerca.

Nel corso dei tre anni di progetto abbiamo cercato di colmare questo divario: partire dallo studio dei materiali, dalla miscela di polimeri e additivi, per arrivare a prototipi funzionali. Un'altra linea guida che abbiamo mantenuto costante è stata quella di assicurare che tutti i materiali potessero essere processati con le tecnologie già in uso nel settore industriale, che è molto consolidato e performante. Basti pensare alla produzione di contenitori per alimenti: parliamo di numeri enormi, di centinaia di pezzi al minuto. Per questo, ogni soluzione innovativa deve confrontarsi con la realtà produttiva. Una domanda che ci siamo posti spesso è stata: "quanto l'introduzione di un nuovo materiale impatta davvero sulla produzione?". Pur lavorando ancora su scala di laboratorio, abbiamo osservato differenze in termini di processabilità e velocità di lavorazione. Tuttavia, i risultati mostrano margini promettenti, che potrebbero rendere queste soluzioni interessanti anche per aziende con grandi volumi produttivi.

Restando sul tema dello svolgimento della ricerca, quali sono state le diverse fasi operative che avete seguito?

Gallichi Nottiani: L'attività si è sviluppata in modo piuttosto lineare. In sostanza, acquistiamo dei polimeri commerciali venduti in forma di granuli. Questi granuli vengono macinati fino a ottenere una polvere, che poi misceliamo con la polvere del sottoprodotto agroalimentare selezionato. Per fare un esempio, uno dei materiali che abbiamo

sviluppato è a base di PLA, un biopolimero di origine vegetale e biodegradabile, che è stato fornito da un distributore commerciale e mescolato con farina di buccia d'arancia, un sottoprodotto dell'industria del succo. Si tratta di un materiale che i produttori ottengono in grandi quantità ma che ha pochissimi sbocchi: solo piccole applicazioni di nicchia e in volumi trascurabili rispetto alla produzione complessiva. Abbiamo quindi trattato queste polveri per controllarne la granulometria, setacciandole e caratterizzandole, e per stabilizzarle termicamente, dato che la lavorazione successiva avviene in un estrusore. Si tratta di un macchinario convenzionale, ampiamente usato a livello industriale, che lavora a temperature intorno ai 180-200 °C. In queste condizioni il sottoprodotto, essendo di origine organica, tende a degradarsi: per questo lo trattiamo in precedenza, in modo da stabilizzarlo e renderlo compatibile con il polimero. Il processo di estrusione produce un nuovo granulo composito. Non più un polimero puro, ma un materiale ibrido in cui il biopolimero è combinato con il sottoprodotto agroalimentare. Oltre alla farina d'arancia, abbiamo utilizzato anche estratti di fieno e scarti della produzione di pasta, esplorando varie combinazioni.

Da questi nuovi granuli produciamo campioni attraverso tecniche industriali standard, in particolare lo stampaggio a iniezione, che è la tecnologia più comune per la realizzazione di componenti termoplastici rigidi, come, per esempio, i tappi delle bottiglie o contenitori di una certa consistenza. Con questi provini effettuiamo misure di resistenza, rigidità e deformabilità, e poi altri test specifici, come la verifica della biodegradabilità o la valutazione delle modi-

fiche estetiche introdotte dall'aggiunta del filler. Per esempio, il PLA puro è un materiale trasparente; aggiungendo una piccola percentuale di polvere d'arancia, diventa invece nero opaco. Questa variazione, se da un lato elimina la trasparenza, dall'altro apre nuove possibilità applicative. Pensiamo ai contenitori per carne di alta qualità, che spesso nei supermercati sono neri: ecco, un materiale di questo tipo potrebbe adattarsi perfettamente a usi simili. Parallelamente, abbiamo collaborato con altri gruppi di ricerca per analizzare ulteriori aspetti dei materiali. In particolare, in collaborazione con i diversi partner di progetto sono state studiate le proprietà antimicrobiche dei nostri compositi, verificando la loro eventuale capacità di inibire la proliferazione batterica. Abbiamo poi realizzato film sottili, testandone la permeabilità al vapore acqueo e all'ossigeno, per valutarne la possibile applicazione nel packaging flessibile, come sacchetti o involucri. In collaborazione con i partner dell'Università di Bologna abbiamo inoltre condotto un'analisi del ciclo di vita (*Life Cycle Assessment*, LCA) per valutare l'impatto ambientale complessivo del processo, identificando le fasi più critiche in termini di consumo energetico e sostenibilità. Tutte queste attività ci hanno permesso di arrivare a diversi prototipi e a modalità di lavorazione concrete, che rappresentano risultati già tangibili.

Qual è oggi lo stato di avanzamento della ricerca e che tipo di risultati concreti avete ottenuto?

Gallichi Nottiani: Al momento siamo nella fase conclusiva della ricerca ma non possiamo dire che l'attività sia completamente terminata. Stiamo producendo, con una stampante 3D, i prototipi

che rappresentano l'obiettivo finale del progetto, pensati anche in un'ottica di possibile *scale up* industriale. I prototipi sono contenitori rigidi, simili ai classici "tupperware", dotati di coperchio. Una volta stampati produrremo ulteriori campioni destinati ai cosiddetti test di migrazione, ossia prove che verificano che il materiale, una volta a contatto con alimenti, non rilasci sostanze nocive. Questa fase si affianca ad altre attività che abbiamo già concluso, come la dimostrazione della biodegradabilità dei materiali e la caratterizzazione meccanica, chimica e fisica dei campioni. Tutto questo ci permette oggi di avere un quadro complessivo delle proprietà dei materiali sviluppati e di presentare un dimostratore, il contenitore rigido per alimenti, che auspichiamo di completare a breve. Avevamo anche lavorato su film sottili, ma i primi test non hanno dato i risultati sperati: l'aggiunta del filler non ha migliorato le proprietà barriera, cioè la capacità del materiale di proteggere l'alimento da gas e umidità. Su questo aspetto, i risultati ottenuti all'interno del progetto non sono stati all'altezza delle aspettative ma, grazie anche all'esperienza di Ecosister, si stanno formulando nuove soluzioni per ridurre la permeabilità all'ossigeno anche mediante collaborazioni con atenei e aziende della regione. Oggi i risultati principali del progetto consistono nei prototipi stampati in 3D, che permettono di mostrare concretamente la qualità estetica e meccanica del materiale. Questi oggetti rappresentano la base per un'eventuale industrializzazione futura e per la creazione di veri e propri prodotti destinati al mercato, realizzati con materiali sostenibili, privi di additivi organici di sintesi e che non impattano sull'ambiente in termini di creazione di microplastiche persistenti.

Rispetto al tema delle possibili applicazioni economiche, quali prospettive si aprono per questi materiali?

Gallichi Nottiani: Da quanto è emerso anche nel confronto con diverse realtà industriali, molte aziende, soprattutto nel corso dell'ultimo decennio, anche se con un certo rallentamento negli anni più recenti, hanno provato a esplorare il campo dei biopolimeri. Le criticità principali, oggi, sono essenzialmente due. La prima riguarda i costi: questi materiali sono ancora nettamente più cari rispetto ai polimeri convenzionali, principalmente perché la loro produzione, pur avendo raggiunto una scala industriale, non ha ancora i volumi né l'efficienza produttiva dei materiali plastici tradizionali. Per dare un ordine di grandezza, i biopolimeri o i polimeri biodegradabili rappresentano meno dell'1% della produzione mondiale complessiva di polimeri. È una quota minima, che si scontra anche con alcuni aspetti normativi. Se infatti tra il 2010 e il 2020 vi era una forte spinta, a livello europeo, verso lo sviluppo di materiali biodegradabili, oggi questa tendenza si è parzialmente invertita. Le politiche attuali puntano molto di più sull'ottimizzazione del riciclo dei polimeri convenzionali piuttosto che sulla sostituzione con materiali biodegradabili. Quando il nostro progetto è stato scritto, il tema dei biopolimeri era ancora fortemente promosso; ora, invece, il focus politico e normativo si è spostato sul riciclo. Questo cambiamento ha un impatto diretto sulle strategie industriali, perché le aziende sono meno incentivate a investire in linee di produzione completamente nuove dedicate ai biopolimeri, anche per i costi elevati e i ritorni economici non ancora certi.

Oggi, il principale vantaggio per chi sceglie questi materiali è più di tipo comunicativo e di marketing: poter presentare il proprio packaging come sostenibile è un valore importante per molte imprese, anche se non sempre sufficiente a giustificare i costi di produzione più alti. In altre parole, per molte realtà industriali, il gioco non vale ancora la candela. Un esempio concreto riguarda un'azienda con cui abbiamo collaborato durante il progetto, un produttore di pasta della provincia di Parma. L'idea, in quel caso, era di utilizzare gli scarti della propria produzione, una polvere derivata dal processo di lavorazione con la stessa composizione della pasta, per realizzare un packaging "fatto di pasta" destinato a confezionare la pasta stessa. Una soluzione che dal punto di vista narrativo e di marketing, ha un fascino immediato: l'idea di un prodotto che si chiude nel proprio materiale d'origine. Tuttavia, l'interesse dell'azienda si è fermato lì. La qualità del materiale non è ancora tale da permetterne un utilizzo su larga scala, e per renderlo competitivo servirebbero ulteriori investimenti in ricerca e sviluppo che, al momento, poche imprese sono disposte a sostenere. Ci troviamo quindi in una fase di stallo, perché i costi restano elevati, le prestazioni devono ancora essere ottimizzate e il quadro normativo non offre grande slancio. In più, negli ultimi mesi, il contesto globale, tra cambiamenti economici e priorità politiche ha reso incerto quanto spazio avrà, in futuro, il tema della sostenibilità dei biopolimeri. La verità è che questo settore avrebbe bisogno di una rinnovata attenzione e, soprattutto, di molta più ricerca sperimentale per poter arrivare davvero a un livello di sviluppo maturo e competitivo.

Quali sono, dunque, le prospettive future di questa ricerca, anche oltre il progetto Ecosister?

Gallichi Nottiani: Quando si esplorano nuove composizioni, e chiunque abbia avuto esperienze di ricerca sperimentale in qualunque ambito lo sa bene, c'è sempre una fase iniziale in cui bisogna trovare la "ricetta giusta". È la fase del cosiddetto *fine tuning*, in cui si lavora sui dettagli per ottenere la qualità desiderata del materiale. Questa fase richiede tempo, investimenti e risorse, sia in ambito accademico sia, successivamente, in quello industriale. Per fare un esempio concreto: nei nostri laboratori, anche spingendo al massimo le capacità impiantistiche, arriviamo a produrre circa un chilo di materiale all'ora. A livello industriale, invece, un chilo viene lavorato in pochi secondi. Alcuni processi altamente automatizzati trattano migliaia di contenitori o di chilogrammi ogni ora. È evidente, quindi, che il salto di scala tra ricerca e produzione industriale è enorme e necessita di un lavoro di affinamento accurato per arrivare a processi sostenibili anche dal punto di vista economico.

Rispetto ai risultati e agli auspici, cosa mancherebbe?

Gallichi Nottiani: Anche se il percorso richiede ancora forti investimenti e una manifestazione di interesse concreta da parte delle imprese, noi abbiamo già raccolto, durante il progetto, alcune lettere di interesse da parte di aziende realmente intenzionate a sostenere lo sviluppo di questi materiali. Il punto, ora, è trasformare quell'interesse in azioni operative, perché il campo di applicazione è potenzialmente sterminato. Finora abbiamo esplorato solo alcune tipologie



di materiali, legate anche alle specificità del territorio e ai contatti industriali già attivi. Ma il potenziale è molto più ampio: tutte le industrie agroalimentari generano scarti, dalla produzione di alimenti per il consumo umano a quella di mangimi o sottoprodotti agricoli, e ciascuno di questi potrebbe diventare la base per nuove combinazioni di biopolimeri. Possiamo immaginare letteralmente milioni di possibili "ricette", ognuna con proporzioni e caratteristiche tali da ottimizzare la qualità del materiale finale. Il messaggio principale, quindi, è che sì, c'è ancora molta strada da fare e servono investimenti importanti, ma il bacino da cui attingere è praticamente inesauribile. Nulla impedisce di continuare a esplorare, e i risultati che abbiamo già ottenuto mostrano che la qualità dei materiali può essere molto buona. Naturalmente, resta la necessità di ottimizzare i processi, ma il margine di successo è ampio. Esiste anche un rischio, perché non tutti i materiali sperimentati hanno raggiunto la fase di prototipo, alcuni si sono fermati perché non possedevano le caratteristiche desiderate. Tuttavia, ulteriori studi potrebbero risolvere questi limiti. È una ricerca a "rischio elevato", ma proprio per questo è il tipo di attività che nasce e deve rimanere, almeno inizialmente, in un contesto accademico pubblico, dove l'obiettivo è promuovere l'innovazione anche in assenza di un ritorno immediato.

Il nostro compito è quindi quello di far emergere il valore dei risultati ottenuti: aver prodotto prototipi tangibili, che le aziende possono valutare e toccare con mano, è già un passo significativo. Dobbiamo ora lavorare caso per caso, settore per settore, per individuare quali sono gli elementi abilitanti che rendono possibile un reale interesse industria-

le. Il trasferimento tecnologico, ovvero il passaggio dal laboratorio all'impresa, è un processo complesso e tutt'altro che scontato, ma rappresenta il nostro obiettivo principale. Il know-how che abbiamo costruito, in questo senso, costituisce una piattaforma ampia e versatile, che può essere declinata in numerose applicazioni verticali. L'idea è quella di mostrare il valore generato e, al tempo stesso, stimolare l'interesse di diversi stakeholder, favorendo collaborazioni future. Finora è stato il mondo accademico a muoversi per primo; il prossimo passo dovrà essere un lavoro congiunto con le imprese, per testare concretamente le prestazioni dei materiali nei vari ambiti applicativi. Le basi sono solide e rappresentano un trampolino per ulteriori sviluppi: qualsiasi prodotto alimentare genera scarti, e oggi quegli scarti spesso finiscono in termovalorizzatori o impianti di smaltimento. Se opportunamente stabilizzati, potrebbero invece diventare la materia prima di nuovi materiali sostenibili. Quello che abbiamo costruito, dunque, è una mappa chiara dei passaggi necessari per trasformare un prototipo in un oggetto industrialmente replicabile. È un punto di partenza concreto e, soprattutto, un invito a non fermarsi, ma a continuare su questo percorso.

Nuove soluzioni energetiche per la transizione verde: l'esperienza dello Spoke 2 Intervista a Marcello Romagnoli

Marcello Romagnoli è docente del Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari" dell'Università di Modena e Reggio Emilia, Direttore di H2 MO.RE, centro dedicato allo sviluppo dell'idrogeno e Spoke Leader dello Spoke 2 di Ecosister.

Lo Spoke 2 si occupa del ciclo di vita dell'energia pulita e il tema dell'energia è sicuramente centrale nel mondo contemporaneo, basti pensare ai fenomeni recenti legati anche alle vicende internazionali. Come è iniziato il vostro lavoro e come avete definito il vostro Spoke?

Romagnoli: Tutto è nato con l'occasione del PNRR, quindi dei fondi che potevano essere stanziati per la ricerca. Successivamente è stata avanzata una proposta che, dopo una serie di riunioni, ha portato a individuare i punti di maggiore interesse per l'ecosistema emiliano-romagnolo. Per fortuna, la regione è molto dinamica e ricca di settori industriali diversi, quindi c'era solo l'imbarazzo della scelta. Alcuni Spoke, in particolare lo Spoke 1, sui materiali, e lo Spoke 2, il nostro, dedicato all'energia, coprono due aree molto trasversali.

Per quanto riguarda l'energia, è evidente quanto sia cruciale per un'economia

energivora come la nostra: più aziende ci sono, più produzione c'è, maggiore è il fabbisogno energetico. Si può ottimizzare l'uso e ridurre gli sprechi, ma il fabbisogno resta sempre elevato. Questo è un punto di debolezza se si dipende troppo dall'estero, perché basta una crisi o una speculazione per far schizzare i prezzi. È accaduto, ad esempio, nel 2022 con l'aumento del prezzo del gas, a mio avviso anche a causa di un'eccessiva speculazione finanziaria. Io penso che sia di estrema importanza che alcuni settori non siano soggetti a questo tipo di speculazioni o problematiche geopolitiche, perché i mercati funzionano bene in certi casi, mentre in altri sarebbe meglio tenerli più controllati e lontani. Le crisi energetiche e geopolitiche ci hanno mostrato concretamente la vulnerabilità del sistema. Io stesso ricordo gli anni Settanta e le "domeniche a piedi", quando il prezzo del petrolio salì improvvisamente a causa di vicende legate a turbolenze nell'area mediorientale: fu la prova diretta di cosa significhi trovarsi da un giorno all'altro senza una risorsa vitale. È fondamentale che certi settori siano messi in sicurezza. Per un'azienda che pianifica investimenti a medio o lungo termine, un improvviso aumento dei costi energetici può essere devastante, fino a metterne a rischio la

sopravvivenza e, con essa, i posti di lavoro. Se il fenomeno riguarda più aziende, il problema diventa poi regionale o nazionale. Per questo è fondamentale raggiungere un certo grado di autosufficienza interna. Non si tratta solo di ridurre la dipendenza dal petrolio o dal nucleare, ma anche dalle tecnologie. Se non le produciamo in casa e qualcuno decide di non vendercele più, rischiamo di trovarci nuovamente in ginocchio. Dobbiamo quindi sviluppare e produrre noi stessi le

tecnologie. E possiamo farlo: Emilia-Romagna e Italia esportano più di quanto importano e questo significa che le nostre aziende sanno produrre prodotti di qualità e sanno venderli nel mondo. Quindi è possibile creare PIL e occupazione, raggiungendo al tempo stesso autosufficienza energetica e sicurezza politica.

Con Ecosister e lo Spoke 2 ci proponiamo dunque di rafforzare l'autosufficienza, sviluppare le tecnologie, metterle in sicu-



rezza e venderle anche all'estero. Quando abbiamo scritto la parte dello Spoke 2, senza ancora conoscere bene tutte le regole del programma, abbiamo cercato di tener conto di tutto questo: produzione, stoccaggio, trasporto e utilizzo ottimizzato dell'energia. In questo modo spendiamo meno per l'energia, tuteliamo il sistema economico e generiamo nuove opportunità di crescita. Un altro grande risultato di Ecosister è quello di aver messo davvero in rete università e centri di ricerca emiliano-romagnoli, che già producevano ottimi risultati, ma spesso in modo separato. Lavorando insieme, queste realtà possono creare sinergie preziose, e io spero che questa collaborazione continui anche oltre la fine del progetto.

Quindi, se dobbiamo definire delle macro-direzioni, dei macro-ambiti all'interno del vostro Spoke, sono quelli che ha appena indicato?

Romagnoli: Sì. Nello specifico abbiamo quattro macro-ambiti. Il primo ha come titolo "Tecnologie, sistemi e componenti per la conversione e l'utilizzo di energia da fonti rinnovabili" e riguarda la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, con sistemi innovativi in grado di generare di più rispetto alle tecnologie tradizionali. Un secondo macro-tema va sotto il titolo: "Tecnologie e sistemi per il trasporto, la distribuzione e lo stoccaggio dell'energia. Integrazione del settore Smart: reti energetiche flessibili, integrate, resilienti e digitalizzate (HPC)" e riguarda quindi l'immagazzinamento e la distribuzione dell'energia prodotta. Come sapete, la quantità di energia prodotta deve sempre corrispondere a quella richiesta. Cosa si fa di quella in eccesso? Non ha senso buttarla via, quindi servono soluzioni di accumulo. Possono essere

batterie, sistemi gravimetrici – come una diga, in cui l'acqua viene pompata verso l'alto nei momenti di eccesso di energia e rilasciata quando serve – oppure l'idrogeno. Quest'ultimo ha caratteristiche simili al metano, ma non produce anidride carbonica quando viene utilizzato per produrre energia. Un terzo tema si focalizza proprio sull'idrogeno e su un suo derivato come gli e-fuel e ha come titolo: "Tecnologie, sistemi e componenti per la produzione, la distribuzione, l'accumulo e l'uso diretto di idrogeno verde e per la produzione di e-fuel". In esso rientra anche la produzione di idrogeno da biomasse: la nostra regione ha una forte vocazione agricola e l'agricoltura genera biomasse che possono essere trasformate in questo prezioso elemento. I residui di questo processo, inoltre, possono essere riutilizzati come fertilizzanti, contribuendo a ridurre l'inquinamento complessivo delle nostre attività. Ultimo, ma non certo per importanza, è il macro-tema che abbiamo intitolato: "Cattura, sequestro, purificazione e utilizzo della CO₂ anche attraverso l'uso di idrogeno verde o di fonti rinnovabili" che ha come obiettivo quello di aiutare il controllo delle concentrazioni di anidride carbonica attraverso un suo utilizzo. In questo modo affrontiamo l'intera problematica, che comprende produzione, trasporto e stoccaggio in tutte le sue declinazioni principali.

Come avete proceduto a identificare concretamente i progetti di ricerca, i filoni?

Romagnoli: Prima della presentazione del progetto abbiamo organizzato diversi incontri, anche online, per individuare i filoni di ricerca già presenti in regione, le competenze e le esperienze che potevano essere ulteriormente sviluppate con i fondi del PNRR. Ci siamo confrontati

più volte e, insieme, abbiamo costruito il progetto, almeno per quanto riguarda lo Spoke 2, ma credo che lo stesso approccio sia stato adottato anche negli altri Spoke. Una volta che il Ministero competente ha riconosciuto la validità del progetto, ci siamo organizzati al nostro interno con una struttura di tipo piramidale: quattro Work Package (WP), ognuno con un paio di responsabili, e riunioni periodiche per discutere difficoltà e soluzioni. Nonostante in Emilia-Romagna non siano presenti abbastanza ricercatori rispetto a quanti ne servirebbero, anche tenendo conto delle enormi potenzialità della regione, credo siamo riusciti a coprire in modo importante un tema vasto e complesso.

E come sono stati i rapporti tra l'ente capofila dello Spoke, gli altri soggetti coinvolti e la Fondazione che coordina il progetto?

Romagnoli: Direi molto positivi. Naturalmente si tratta di un progetto enorme, e per molti di noi era la prima occasione di partecipare ad un'iniziativa così complessa. Io stesso avevo partecipato a progetti europei, ma con numeri molto più ridotti e quindi più gestibili. Devo dire che la Fondazione è stata molto capace, sia con il Presidente e il Consiglio di amministrazione, sia con il Project Manager, che ha avuto un ruolo fondamentale nel tenere le fila. Per noi, abituati al lavoro di ricerca, gli aspetti amministrativi e organizzativi sono stati a volte un peso. Ma abbiamo sempre trovato disponibilità e competenza, soprattutto organizzativa, per risolvere i problemi. Ovviamente anche da parte nostra c'è stata la volontà di collaborare positivamente anche quando facevamo fatica a comprendere certi passaggi. Un grande aiuto ci è venuto anche dai nostri colleghi che si occupano dell'amministrazione che hanno saputo



supportarci nella fase di rendicontazione e di acquisto delle attrezzature, sapendo interpretare le regole del progetto e risolvere i problemi burocratici che sono emersi. Senza di loro il progetto avrebbe avuto forti rallentamenti. È stato un vero gioco corale.

Come è stato adottato e valorizzato l'approccio interdisciplinare e quali sinergie si sono create con le varie realtà?

Romagnoli: Ci sono stati due momenti in cui abbiamo valorizzato l'interdisciplinarietà, che oggi è fondamentale. Questo è un aspetto importante perché non esiste più l'immagine, un po' romantica, del ricercatore chiuso da solo in laboratorio che fa scoperte straordinarie. Penso ai film della Marvel, con Iron Man che si costruisce tutto da sé: nella realtà servono tante persone, con competenze diverse, in grado di dialogare e collaborare in modo efficace. Il primo momento è stato quello della scrittura del progetto, quando già si doveva immaginare chi avrebbe lavorato su cosa, dove erano presenti persone provenienti da settori differenti. Poi, all'interno del macro-progetto Ecosister, sono stati proposti e finanziati progetti che richiedevano espressamente l'interdisciplinarietà. Già a livello di bando era chiaro che questo aspetto dovesse emergere, e così siamo andati a cercare collaborazioni con colleghi di altri Spoke. Questo ha spinto fortemente a lavorare insieme, in modo appunto interdisciplinare, valorizzando le diverse competenze presenti. Devo aggiungere poi che ho trovato nei colleghi delle varie università e centri di ricerca competenze di altissimo livello, che meriterebbero di essere valorizzate al massimo. Sono persone davvero molto capaci.

E per quanto riguarda il trasferimento tecnologico, come è stato considerato all'interno del progetto il rapporto tra ricerca, applicazione e trasferimento al sistema produttivo?

Romagnoli: Io credo che questo approccio sia già presente nel DNA di molti ricercatori, pur riconoscendo il valore di chi si dedica alla ricerca pura, fatta per il gusto della conoscenza. Entrambe le dimensioni sono necessarie. Se ci fosse solo ricerca di base, un cittadino potrebbe chiedersi: "Perché devo pagare con le mie tasse qualcuno che non so cosa fa in laboratorio?". Ma se ci fosse soltanto ricerca applicata, sarebbe altrettanto pericoloso, perché quest'ultima vive delle scoperte della ricerca di base. Senza nuove idee, il trasferimento tecnologico rischia di inaridirsi. Inoltre, la scienza deve mantenere un certo grado di indipendenza, sia di pensiero sia economica. Come per tutte le cose, occorre trovare il giusto equilibrio. Infatti, la ricerca ha anche bisogno di vedere le proprie scoperte realizzate e portate a livello della produzione e del mercato per il benessere di tutti. Una buona ricerca che arriva a questo livello vuol dire posti di lavoro, benessere e risorse economiche, per tutti. Detto questo, molti colleghi hanno già una forte attenzione al trasferimento tecnologico. E in Ecosister c'è proprio un'intera area dedicata a questo tema, che ci ha spinti a ragionare su come portare i risultati della ricerca verso l'industria. Per me, poi, parlare di trasferimento tecnologico non significa soltanto occuparsi di strumenti o macchine, ma anche di formazione. Quando si sposta una conoscenza dal laboratorio all'impresa, bisogna che ci siano persone preparate a riceverla e a svilupparla. Per questo serve investire anche sulla formazione dei lavoratori, affinché possano sfruttare al meglio le competenze generate dalla ricerca. In sintesi: da



un lato c'era già una mentalità orientata al trasferimento tecnologico, dall'altro il progetto è stato strutturato proprio per spingerci a considerarlo parte integrante del lavoro.

Quali sono, nello specifico, i progetti a cui avete lavorato e le integrazioni tra infrastrutture energetiche, digitalizzazione e possibili ricadute sul territorio e sulla comunità?

Romagnoli: I progetti sono davvero tantissimi ed è impossibile descriverli tutti.

Per quanto riguarda la produzione, ricordo progetti che hanno sviluppato pannelli fotovoltaici innovativi. Si tratta di pannelli che possono essere curvati, molto leggeri, adattabili anche all'estetica degli edifici, diversi da quelli tradizionali oggi in commercio. L'obiettivo è che possano essere utilizzati e commercializzati al più presto come una nuova tipologia di pannelli solari, con caratteristiche particolarmente interessanti. Questo progetto rientra nel WP1. Passando al WP2, qui si è lavorato moltissimo sull'ottimizzazione

delle reti di trasporto dell'energia. È un tema cruciale per due motivi: da un lato la sicurezza, perché le reti devono sempre essere bilanciate; dall'altro l'efficienza, perché l'energia è una risorsa preziosa e bisogna ridurre al minimo le perdite. Ad esempio: è stato sviluppato un prototipo ibrido in grado di immagazzinare energia sia in forma elettromeccanica che chimica con l'obiettivo di sfruttare i vantaggi complementari e mitigare i rispettivi limiti; sono stati realizzati diversi metodi di accumulo di idrogeno allo stato solido; elettrodi derivati da materiali di scarto per batterie agli ioni di sodio e supercondensatori; algoritmi di apprendimento automatico per la stima dello stato di carica di batterie; un impianto pilota per lo stoccaggio di energia ibrida e via dicendo. Questo è stato tra i WP che hanno prodotto più progetti all'interno dello Spoke ed è veramente difficile descriverli tutti. Nel WP3 ci siamo concentrati sull'idrogeno. Un progetto, ad esempio, riguarda la realizzazione di un prototipo, che stiamo costruendo concretamente, per ottenere idrogeno a partire da biomasse. Un altro progetto riguarda la produzione automatizzata di celle a combustibile, che sono alla base della trasformazione dell'idrogeno in energia elettrica. Queste sono le stesse celle presenti nelle automobili a idrogeno: macchine che, di fatto, sono elettriche ma che usano l'idrogeno come combustibile, trasformandolo direttamente in elettricità. Questi esempi dimostrano come, facendo leva sulle tecnologie già presenti in Emilia-Romagna, sia possibile dare vita a linee di produzione assolutamente all'avanguardia. Non solo in Italia o in Europa, ma a livello mondiale. In particolare, la produzione automatizzata delle celle a combustibile è fondamentale perché consente di abbassare i costi, che oggi sono ancora alti e rappresentano un ostacolo all'ingresso

dell'idrogeno sul mercato. Ridurre i costi, mantenendo alti standard di sicurezza e qualità, significa favorire la diffusione di questa tecnologia. La sicurezza, in particolare, è un aspetto delicatissimo: un singolo incidente, un'esplosione, avrebbe conseguenze mediatiche globali tali da segnare la fine dell'idrogeno come prospettiva energetica. Per questo bisogna garantire livelli di sicurezza estremamente elevati.

Infine, nel WP4 ci siamo concentrati sulla realizzazione di elettrolizzatori ad alta efficienza, capaci di trasformare energia elettrica in idrogeno e ossigeno. Riguardano, in pratica, il processo inverso delle celle a combustibile. Anche in questo caso è stato necessario mettere insieme competenze molto diverse, provenienti da più atenei e centri di ricerca, per arrivare a un risultato di valore. Un aspetto molto interessante è che tutto questo ha favorito collaborazioni tra università che, in altri contesti, tendono magari a guardarsi con diffidenza o addirittura a competere. Invece, grazie a Ecosister, sono nate sinergie virtuose che hanno permesso di scoprire competenze a pochi chilometri di distanza, che spesso si finisce per cercare dall'altra parte del mondo. Ripeto, ho descritto solo alcuni progetti, giusto come esempio, ma ve ne sono tanti altri.

Quale pensate possa essere la prosecuzione di questo progetto dopo la fine di Ecosister? Quali ricadute e quali sviluppi potrà avere in futuro?

Romagnoli: Questo dipenderà molto dalla disponibilità futura di risorse economiche. Non si tratta certo di un discorso legato al denaro in senso personale, non è che il ricercatore possa usare i fondi del progetto per comprarsi una macchina

nuova o per andare in vacanza, questo è ovvio. Però i finanziamenti sono necessari per sostenere la ricerca e farla crescere. Faccio un esempio molto concreto: proprio prima di questa intervista parlavo con i miei collaboratori dicendo loro: "Abbiamo a disposizione qualche risorsa proveniente da diversi progetti. Vogliamo far crescere un certo filone di ricerca: che cosa compriamo?". E aggiungevo: "Quando decidiamo, pensiamo non solo a ciò che serve a noi ora, ma anche a strumenti che possano interessare le aziende, o che siano utili per progetti nazionali ed europei futuri". Perché le attrezzature hanno dei costi di gestione: se si rompono, bisogna avere i soldi per ripararle; se richiedono materiali specifici, bisogna acquistarli. Insomma, senza finanziamenti adeguati non si va lontano. Per questo, se Ecosister vuole avere un seguito, sarà fondamentale garantire la disponibilità delle risorse. Ancora più importante, però, sarà mantenere e rafforzare la rete di contatti che questo primo ciclo di attività ha reso possibile. Tutte le relazioni e le collaborazioni costruite non devono andare disperse. Si potrebbero, ad esempio, finanziare periodicamente progetti su diverse linee di ricerca, variando di anno in anno per dare a tutti la possibilità di accedere. Naturalmente, sempre con una forte attenzione all'interdisciplinarietà, tenendo conto della struttura a Spoke che caratterizza Ecosister.

Un modello interessante è poi quello dei bandi "a cascata" che sono già stati sperimentati. Lì si sono creati piccoli consorzi tra ricercatori appartenenti ad almeno due Spoke diversi, proprio per garantire l'approccio interdisciplinare. Si prepara un progetto, lo si sottopone ad un panel di valutatori e, se giudicato valido, è stato finanziato. Un meccanismo che funziona, e che si potrebbe mantenere e

migliorare nel tempo, ad esempio, ogni anno o ogni due anni, riunendo i ricercatori per fare il punto e chiedersi com'è andata e dove è possibile migliorare. Con una fondazione o un organismo che, con il sostegno della Regione, continui a gestire e finanziare queste iniziative, il percorso potrebbe andare avanti a lungo.

Come ho detto in precedenza, un altro aspetto, per me fondamentale, è poi quello della formazione. Non solo dei giovani, che devono essere preparati alle nuove tecnologie, ma anche dei lavoratori già attivi. Le tecnologie cambiano rapidamente, e chi è entrato nel mondo del lavoro con certe competenze rischia di trovarsi improvvisamente superato. Non possiamo permetterci di lasciare indietro le persone dicendo loro di punto in bianco: "Il tuo lavoro lo fa una macchina, e ora avremmo bisogno di esperti in altri campi". Non è accettabile se non offriamo un percorso di riqualificazione. Certo, se qualcuno rifiuta per scelta personale di rimettersi in gioco, è un altro discorso. Ma come società abbiamo il dovere di dare a tutti la possibilità di ricollocarsi. Questo significa offrire corsi concreti, della durata di alcuni mesi, durante i quali le persone vengano sostenute economicamente e formate su nuove competenze: che siano la saldatura laser, l'intelligenza artificiale o altre tecnologie emergenti. Per farlo servono formatori competenti e programmi strutturati. La formazione non è solo una necessità economica, ma anche una questione sociale, perché una persona esclusa dal lavoro senza alternative ha tutto il diritto di arrabbiarsi e protestare in democrazia. Se una persona non riesce a mettere insieme il pranzo con la cena, e ha la volontà di lavorare, allora ha pieno diritto a chiedere un'opportunità. Sta a noi offrirgli gli strumenti adeguati per rientrare nel mondo del lavoro.

Nuove soluzioni fotovoltaiche per applicazioni leggere e integrabili

Intervista a Stefano Rampino

Stefano Rampino è Primo ricercatore presso l'Istituto dei Materiali per l'Elettronica ed il Magnetismo – IMEM del CNR e componente dello Spoke 2 di Ecosister.

Come nasce il vostro coinvolgimento nello Spoke 2 e qual è stato il percorso di ricerca?

Rampino: Il nostro coinvolgimento nello Spoke 2 è la conseguenza diretta di un lungo percorso di ricerca che, come CNR e in particolare come IMEM, portiamo avanti da quasi vent'anni nel settore del fotovoltaico. All'inizio degli anni Duemila ci siamo dedicati soprattutto alle tecnologie a film sottile, che in quel periodo venivano considerate una possibile alternativa al silicio cristallino. In quegli anni il silicio era ancora molto costoso e le sue efficienze non avevano raggiunto la stabilità e i livelli elevati attuali, per cui il film sottile appariva una soluzione promettente per superare alcuni limiti tecnologici ed economici. Con il tempo la situazione è cambiata in modo radicale. Il silicio ha compiuto progressi enormi ed è diventato la tecnologia di riferimento a livello globale, grazie a un calo dei costi e a un miglioramento delle prestazioni che lo hanno reso estremamente competitivo. Questo però non ha ridotto l'importanza del film sottile, che conserva caratteristiche fon-

damentali per tutte quelle applicazioni in cui il fotovoltaico deve essere integrato direttamente negli edifici o nei prodotti. Si tratta dell'ambito *Building Integrated Photovoltaics* (BIPV) ovvero il fotovoltaico integrato negli edifici, e *Product Integrated Photovoltaics* (PIPV), ovvero integrato nei prodotti, dove la leggerezza, la flessibilità e la possibilità di adattare le forme sono essenziali. I pannelli tradizionali in vetro e silicio, pensati per tetti e grandi superfici orizzontali, risultano invece difficili da installare in contesti architettonici complessi, sulle facciate verticali o su elementi che non sono stati progettati per sostenere strutture rigide e pesanti. Per questo motivo non abbiamo mai interrotto la ricerca sul film sottile, ma abbiamo continuato a investire tempo e risorse, perché rimane ancora oggi la tecnologia più adatta quando l'obiettivo è l'integrazione. Nel frattempo, tra il 2019 e il 2020, è emersa una nuova domanda di ricerca che ha dato impulso al lavoro attuale. Con i colleghi Francesco Pattini ed Edmondo Gilioli, ci siamo chiesti, infatti, se fosse possibile ottenere alcune qualità tipiche del film sottile, come la leggerezza e la versatilità, utilizzando però il silicio monocristallino, che è la tecnologia fotovoltaica più efficiente e ormai vicina ai suoi limiti teorici. Il silicio monocristal-

lino permette di raggiungere prestazioni molto elevate, ma porta con sé l'obbligo della struttura tradizionale in vetro, che lo rende pesante e rigido. La nostra intuizione è stata quella di verificare se esistessero metodi di incapsulamento alternativi, capaci di eliminare il vetro pur mantenendo intatte le prestazioni elettriche. Questa idea ha dato avvio a un percorso di sperimentazione che ci ha portati a ripensare completamente l'incapsulamento del pannello. Da qui nasce il contributo che portiamo nello Spoke 2. L'obiettivo è stato quello di sviluppare un pannello fotovoltaico in silicio ultraleggero, più facile da integrare in contesti architettonici e in oggetti d'uso quotidiano, e capace di mantenere l'efficienza elevata della tecnologia monocristallina. In altre parole, vogliamo unire l'efficienza del silicio e l'adattabilità del film sottile, così da rendere possibile una nuova generazione di applicazioni che i pannelli rigidi tradizionali non possono coprire.

Qual è stata l'innovazione principale che avete sviluppato?

Rampino: L'innovazione più significativa che abbiamo introdotto riguarda il modo stesso di incapsulare le celle solari. Nella produzione tradizionale un modulo fotovoltaico viene realizzato attraverso la laminazione. Le celle, già collegate tra loro, vengono inserite in un sandwich di materiali che comprende lo strato di film a base di etilene-vinil acetato (EVA), un polimero che funge da gelificante e incolante, e poi vengono chiuse sotto una lastra di vetro. Il tutto viene collocato in un laminatore che lavora in vuoto e ad alte temperature. Il ciclo richiede diversi minuti e rappresenta uno dei passaggi più lenti e delicati dell'intera filiera di produzione. Questo sistema ha un vantaggio evidente, perché garantisce protezione

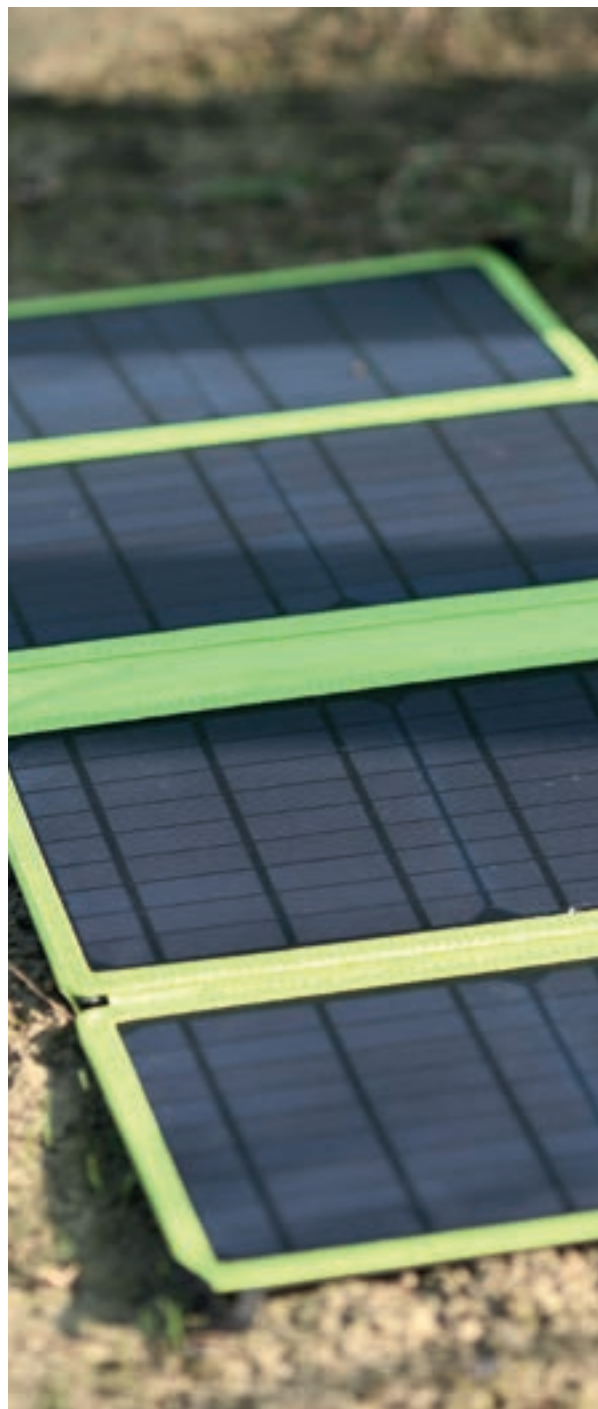
e durata, ma ha anche un grande limite, che è il peso. La lastra di vetro è responsabile della maggior parte della massa complessiva di un pannello. La nostra idea è nata proprio dalla volontà di eliminare il vetro e alleggerire l'intero modulo, senza però comprometterne le prestazioni elettriche e la durata nel tempo, come dicevo. Per farlo abbiamo iniziato a cercare un metodo completamente alternativo all'incapsulamento tradizionale. È stato in questo percorso che abbiamo individuato un principio già molto diffuso in un altro contesto, quello della plastificazione della carta. Tutti conoscono il funzionamento della plastificatrice da cartoleria. Si inserisce un foglio tra due film sottili di plastica, poi il foglio passa attraverso una coppia di rulli riscaldati, la plastica si scalda, fonde e aderisce uniformemente alla superficie. Così, il materiale gelificante diventa trasparente e, una volta raffreddato, protegge il foglio dagli agenti esterni. Abbiamo applicato lo stesso principio alle celle solari, sostituendo il foglio di carta con la cella e utilizzando plastiche speciali progettate per garantire trasparenza, resistenza e stabilità nel tempo. Il risultato è un processo di incapsulamento continuo, perché le celle scorrono tra due rulli e vengono plastificate in sequenza. Non c'è bisogno di vetro e non c'è bisogno dei lunghi cicli di laminazione. Questo significa una produzione molto più veloce e modulabile, dalla quale escono pannelli già incapsulati e pronti all'uso, con un peso enormemente inferiore rispetto ai moduli tradizionali.

La differenza è netta. I pannelli standard pesano tra gli undici e i tredici chilogrammi per metro quadrato, il che equivale a circa cinque o sei chilogrammi ogni cento watt installati. Nel nostro caso si scende a circa seicento grammi per metro quadrato, un valore che cambia completamen-

te il tipo di applicazioni possibili. Siamo passati da strutture rigide e pesanti a pannelli ultraleggeri che possono essere movimentati, installati e adattati con molta semplicità. Oltre al peso abbiamo ottenuto anche un altro vantaggio: il silicio monocristallino possiede una certa flessibilità intrinseca che nei moduli rigidi non può emergere, perché il vetro lo immobilizza completamente. Nel nostro metodo la cella mantiene una capacità di piegamento che non arriva a permettere la curvatura estrema dei film sottili, ma è più che sufficiente per adattarsi a superfici leggermente curve e a molti contesti dove la rigidità rappresentava un ostacolo. Con questo tipo di incapsulamento siamo riusciti a combinare la massima efficienza disponibile oggi sul mercato con una leggerezza e una versatilità che appartenevano finora solo ai film sottili.

Quali prestazioni e livelli di affidabilità avete riscontrato nei prototipi ultraleggeri? Come avete misurato l'efficienza?

Rampino: Una parte importante del lavoro svolto nello Spoke 2 è stata dedicata alla valutazione delle prestazioni elettriche e dell'affidabilità dei pannelli ultraleggeri ottenuti con il nuovo metodo di incapsulamento. Questo passaggio era fondamentale, perché la leggerezza e la versatilità non avrebbero valore se accompagnate da perdite significative di efficienza o da scarsa resistenza nel tempo. Il primo aspetto che abbiamo analizzato riguarda la perdita di corrente dovuta all'incapsulante. Qualsiasi materiale posto sopra una cella solare, sia esso vetro o plastica, riduce sempre in parte la quantità di luce che raggiunge il semiconduttore. Il nostro obiettivo era trovare un materiale che limitasse questa perdita al minimo. Dopo una serie di prove abbiamo individuato una plastica che comporta una



riduzione inferiore al cinque per cento della corrente totale che la cella sarebbe in grado di generare senza incapsulamento. Si tratta di un valore molto positivo, che equivale a un calo davvero minimo dell'efficienza complessiva. Una cella che lavora al venti per cento, per esempio, continua a farlo intorno al diciannove e mezzo, una differenza accettabile in qualunque applicazione reale e del tutto paragonabile a quella dei moduli vetro-EVA. Una volta verificato questo aspetto elettrico, abbiamo avviato la serie di test dedicati all'affidabilità, indispensabili per capire se un pannello è adatto all'installazione in esterno. Il test più importante è quello noto come Damp-Heat. In laboratorio questo test simula in modo accelerato ciò che accade a un modulo esposto per anni alle condizioni climatiche. Il pannello viene inserito in una camera climatica che mantiene una temperatura fra gli ottantacinque e i novanta gradi e un'umidità relativa intorno all'ottantacinque o al novanta per cento. È come sottoporlo a un clima molto più estremo di quello che incontrerebbe all'aperto, ma per un periodo limitato. In genere si effettuano almeno mille ore di esposizione, che equivalgono a diversi anni di utilizzo reale. Al termine del test si esamina il pannello sia dal punto di vista estetico sia dal punto di vista elettrico. Si controlla se l'incapsulante si è staccato, se ci sono zone di delaminazione o altri segni di deterioramento.

Nel nostro caso i risultati sono stati incoraggianti. Non sono emerse delaminazioni significative e il decadimento della potenza dopo millecinquecento ore è stato di circa il tre per cento. Si tratta di un valore molto inferiore alle soglie previste dai protocolli internazionali, che ammettono perdite fino al cinque o sette per cento. Questo significa che, dal punto di vista dell'affidabilità, i nostri pannelli

ultraleggeri si comportano in modo del tutto confrontabile con quelli tradizionali, nonostante l'assenza del vetro e l'uso di un materiale plastico. Questi risultati non esauriscono naturalmente tutte le verifiche possibili perché esistono condizioni ambientali più estreme, come la presenza di salsedine nelle zone costiere o la possibilità di grandine e impatti meccanici, che richiedono test specifici. Proprio per questo la struttura leggera del pannello può essere completata con cornici o elementi di protezione che lo rafforzano ulteriormente. L'aspetto interessante è che anche aggiungendo queste protezioni si rimane comunque molto lontani dai pesi dei moduli tradizionali. Si può arrivare a uno o due chilogrammi per metro quadrato, valori che rendono il pannello utilizzabile in contesti dove un modulo da undici o tredici chilogrammi sarebbe del tutto impraticabile. Questo ci permette oggi di immaginare applicazioni concrete e di proporre questa soluzione alle imprese e agli enti che stanno cercando nuove forme di fotovoltaico leggero e integrabile.

Quali sono le applicazioni più promettenti?

Rampino: Le caratteristiche dei pannelli ultraleggeri aprono molte possibilità applicative che i moduli tradizionali non possono coprire, soprattutto in ambito edilizio. Una delle idee più promettenti riguarda le finestre fotovoltaiche semi-trasparenti. Invece di puntare sulla trasparenza completa, che riduce troppo la produzione, abbiamo scelto di creare moduli con spaziatura tra le celle. La luce entra comunque nell'edificio, mentre le parti opache producono energia e allo stesso tempo riducono l'irraggiamento diretto, utile soprattutto negli uffici esposti a sud. Questi pannelli possono essere installati in retrofit sulle finestre esistenti oppure inte-



grati direttamente negli infissi, all'interno della camera d'aria, dove sono protetti da umidità e ossigeno. Con celle bifacciali possono produrre anche sfruttando la luce interna. Oltre alle applicazioni edilizie abbiamo sviluppato diversi prototipi insieme alle imprese del settore *Product Integrated Photovoltaics*. Un esempio riguarda gazebo e ombrelloni dotati di coperture fotovoltaiche leggere e retrattili, progettate con un'azienda di Rimini. Un altro riguarda trappole elettriche per insetti utilizzate nelle stalle, che grazie ai pannelli ultraleggeri possono funzionare in autonomia anche dove non arriva la rete elettrica. Sono applicazioni semplici ma molto utili, perché mostrano quanto possa essere versatile questa tecnologia. Tutte queste sperimentazioni hanno anche un valore divulgativo. Molte persone non conoscono il fotovoltaico se non nella sua forma tradizionale e spesso lo considerano costoso o difficile da installare. Far vedere e toccare pannelli leggeri e funzionanti aiuta a superare queste percezioni e rende più com-

prensibile la possibilità di un fotovoltaico diffuso e integrato nella vita quotidiana.

Quali relazioni avete stabilito con le imprese e quali difficoltà emergono sul versante del trasferimento tecnologico?

Rampino: I progetti che descrivevo prima mostrano il potenziale della tecnologia, ma rivelano anche i limiti del trasferimento industriale. Molte delle imprese interessate sono piccole e non dispongono delle risorse necessarie per investire nello sviluppo di nuovi prodotti. Anche costi relativamente contenuti possono diventare un ostacolo se non ci sono incentivi mirati o programmi che coprono la fase iniziale di innovazione. Le aziende più strutturate, dotate di reparti di ricerca e sviluppo, riescono a partecipare più facilmente a questi percorsi, mentre le altre spesso rinunciano. In questo senso Ecosister è stato utile, perché ha creato un ambiente di confronto e networking fra ricerca e imprese. Quantomeno, ha permesso alle aziende di co-

noscere la tecnologia e a noi di intercettare potenziali partner. Questo ha ampliato la rete di collaborazioni e ha posto le basi per sviluppi futuri, in attesa di strumenti che facilitino il passaggio dal prototipo al prodotto industriale.

Come si inserisce questa tecnologia, più in generale, nelle strategie energetiche territoriali e nelle comunità energetiche?

Rampino: La tecnologia dei pannelli ultraleggeri si integra bene con le nuove strategie di produzione distribuita e con le comunità energetiche, che puntano ad aumentare l'autoconsumo locale e a ridurre la dipendenza dalla rete. Come IMEM, insieme all'Università di Parma, stiamo contribuendo alla creazione di una comunità energetica che prevede un impianto tradizionale da ottocento chilowatt e la condivisione dell'energia tra CNR e campus universitario. L'idea è ottimizzare l'uso dell'energia prodotta, utilizzandola nei momenti di attività dei laboratori e trasferendola all'Università nei fine settimana, così da ridurre gli sprechi. La parte più innovativa riguarda l'aggiunta di piccoli impianti diffusi negli edifici, soprattutto attraverso pannelli da balcone. I moduli tradizionali sono rigidi e pesanti, mentre quelli ultraleggeri possono essere installati facilmente anche dai cittadini. Un balcone esposto a sud può ospitare uno o un chilowatt e mezzo di pannelli, coprendo gran parte dei consumi domestici e contribuendo al fabbisogno della comunità energetica. L'amministrazione comunale di Parma ha mostrato interesse per queste soluzioni, soprattutto per scuole e strutture pubbliche come le case di riposo, che dispongono di molte superfici idonee. La stessa logica può essere applicata anche ad ambiti urbani come l'illuminazione pubblica. Pur avendo consumi molto ridotti grazie ai LED, piccoli moduli foto-

voltaici ultraleggeri possono compensare parte dell'energia necessaria, riducendo ulteriormente la dipendenza dalla rete.

Quali condizioni sono necessarie per accelerare l'adozione di queste tecnologie e cosa vi aspettate dal futuro?

Rampino: Le prospettive dei pannelli ultraleggeri dipendono dalla capacità di trasformare questa tecnologia in una piccola filiera produttiva nazionale dedicata alle applicazioni specialistiche, come l'integrazione negli edifici e nei prodotti. Sono ambiti in cui l'Italia potrebbe essere competitiva, perché non richiedono le enormi economie di scala necessarie per i pannelli tradizionali, ormai dominati quasi interamente dalla Cina. Qui servono creatività, competenze sui materiali e capacità di personalizzazione, caratteristiche che il nostro sistema industriale possiede. Perché la tecnologia maturi davvero serve però un sostegno più mirato alla ricerca applicata e alla fase di passaggio dal prototipo al prodotto. Questa è una parte che oggi fatica a trovare finanziamenti adeguati, soprattutto per le piccole imprese che avrebbero interesse a sperimentare ma non dispongono di risorse per gli investimenti iniziali. La Regione Emilia-Romagna e iniziative come Ecosister hanno mostrato la direzione giusta, favorendo il dialogo tra laboratori, pubbliche amministrazioni e aziende e creando un contesto in cui le collaborazioni possono germogliare. Guardando avanti, occorre muoversi rapidamente. La transizione energetica non consente tempi lunghi e il rischio è che i Paesi più veloci nel portare sul mercato soluzioni leggere e integrate occupino per primi le nicchie più promettenti. Consolidare le alleanze può permettere all'Italia di ritagliarsi un ruolo nelle tecnologie fotovoltaiche avanzate e di sviluppare prodotti che rispondono alle esigenze della nuova edilizia sostenibile.

Produrre celle a combustibile in modo sostenibile con la stampa 3D

Intervista a Veronica Testa

Ricercatrice dell'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia e componente dello Spoke 2 di Ecosister.

Può descriverci l'obiettivo del progetto e in cosa consiste il vostro contributo all'interno dello Spoke 2?

Testa: Il nostro lavoro è incluso all'interno dello Spoke 2, e in particolare nel WP3, il Work Package a cui contribuiamo direttamente come gruppo di ricerca. L'obiettivo generale è legato allo sviluppo di tecnologie e sistemi per la produzione, distribuzione, stoccaggio e utilizzo dell'idrogeno. Noi ci collochiamo nell'ultima parte di questa filiera, cioè nell'utilizzo dell'idrogeno, perché il nostro focus sono le celle a combustibile, che rappresentano una delle applicazioni più promettenti per ottenere energia pulita da questo vettore. Il cuore di una cella a combustibile è il cosiddetto *membrane electrode assembly*: una membrana centrale che funge da elettrolita e due elettrodi depositati ai suoi lati. È il componente critico che determina in gran parte le prestazioni della cella, ma la sua produzione, allo stato dell'arte, avviene tramite *hot pressing*, un processo piuttosto lungo, costoso e che può introdurre stress termici sulla membrana. Da qui nasce il nostro contributo

specifico: progettare e modellare un sistema automatico in linea per produrre gli elettrodi tramite una metodologia alternativa, più semplice, più economica e più sostenibile. L'idea di fondo era duplice: da un lato ridurre il materiale di scarto e dall'altro sviluppare un processo che fosse più facilmente scalabile per le aziende interessate alla *self-production* dei propri componenti, senza dover dipendere dai produttori commerciali. Il nostro lavoro quindi si è articolato in due livelli: prima l'ottimizzazione della stampa di una singola membrana con tecniche di stampa 3D, che ci permettessero di depositare il materiale in maniera precisa e controllata sui due lati della membrana; poi la progettazione di un'intera linea *roll-to-roll* capace di replicare questo processo in modo continuo, proprio come avviene nel settore del packaging. In altre parole, passare da un approccio prototipale a uno realmente industrializzabile. Questo è stato il punto di partenza del progetto e il fulcro del nostro contributo allo Spoke 2: proporre e validare una soluzione completamente nuova per uno dei componenti chiave delle celle a combustibile, con un occhio sia all'innovazione scientifica sia alla futura applicabilità industriale.

NUMERO SPECIALE
Ecosister è...

Quali sono state le fasi principali di sviluppo della nuova metodologia di stampa e della linea roll-to-roll?

Testa: Le fasi di sviluppo sono state numerose e hanno richiesto un lavoro di affinamento continuo, perché non ci limitavamo a introdurre una variazione di processo, stavamo proprio cambiando approccio rispetto allo stato dell'arte. La prima fase, ancor prima di disegnare la linea automatizzata, è stata infatti ottimizzare la stampa di una singola membrana, così da capire limiti, parametri e potenzialità della metodologia. Siamo partiti da una stampante 3D tradizionale per materiali polimerici, quindi originariamente pensata per estrarre un filo plastico. L'abbiamo modificata rimuovendo il sistema di estrusione e sostituendolo con una siringa e un ugello, entrambi componenti semplici, economici e facilmente reperibili. Questo ci ha consentito di trasformare una stampante da filamento in una piattaforma di deposizione controllata di un inchiostro funzionale, formulato da noi per contenere i materiali attivi dell'elettrodo. Formulare l'inchiostro è stato uno step chiave: doveva avere la giusta viscosità per essere depositato, la giusta stabilità per non separarsi durante la stampa e al tempo stesso caratteristiche chimiche idonee al funzionamento della cella a combustibile. Una volta definita una formulazione, è iniziata una lunga fase sperimentale di ottimizzazione dei parametri: la dimensione dell'ugello, che regola la quantità di materiale estruso; il diametro del filamento impostato nel software della stampante, utile per controllare indirettamente il flusso dalla siringa; e soprattutto la distanza tra l'ugello e la membrana, che nel caso di materiali liquidi ha un impatto enorme sull'uniformità del deposito.

Per verificare la qualità delle stampe abbiamo fotografato le superfici e analizzato le immagini con un codice Matlab che ci permetteva di quantificare i vuoti, cioè le aree non coperte dal materiale. Questo controllo era fondamentale, perché volevamo poi capire se l'eventuale mancanza di uniformità si traducesse in un peggioramento delle performance elettrochimiche. Per questo, ogni membrana stampata veniva montata in una cella a combustibile e testata collegandola a morsetti e voltmetro per misurare il voltaggio generato. Una volta validata la metodologia su una singola membrana, siamo passati allo step successivo, ovvero la progettazione della linea *roll-to-roll*. Ci siamo ispirati al modello tipico del packaging industriale, dove un nastro trasportatore permette la produzione continua e sequenziale degli elementi. Nel nostro caso abbiamo previsto due stazioni di stampa: una prima stampante deposita il materiale su un lato della membrana che scorre sul nastro; un rullo la ribalta a fine ciclo; e una seconda stampante completa la deposizione sul lato opposto. L'idea è ottenere un sistema capace di produrre membrane in modo continuo e automatizzato, con maggiore velocità e ripetibilità. Per garantire la qualità in linea abbiamo previsto anche l'integrazione di un modulo di analisi ottica o laser, pensato per ispezionare ogni membrana. L'obiettivo, nel medio periodo, è allenare un algoritmo di machine learning in grado di riconoscere automaticamente una stampa corretta e decidere se far proseguire la membrana al secondo passaggio o scartarla. In questo momento siamo nella fase di realizzazione del prototipo. Abbiamo completato il disegno, definito i componenti principali e stiamo iniziando a stampare gli elementi necessari a costruire fisicamente la linea.



Che tipo di difficoltà avete incontrato durante il progetto e come le avete affrontate?

Testa: Una delle sfide più immediate è stata la gestione dei materiali necessari per formulare l'inchiostro, perché molte delle polveri che ci servivano non erano disponibili a magazzino e dovevano essere acquistate *ex novo*. Qui abbiamo incontrato una criticità tipica dei progetti finanziati con fondi pubblici: da un lato il PNRR garantisce risorse economiche, dall'altro la burocrazia per gli acquisti può essere molto lenta. Così è successo che materiali che avremmo dovuto ricevere nel secondo mese del progetto sono arrivati, in realtà, al nono. Questo ha generato una tensione costante fra le tempistiche dei *deliverable*, che rimanevano fissate, e i ritardi negli approvvigionamenti, su cui avevamo un margine di controllo minimo.

Un'altra difficoltà, diversa ma altrettanto impegnativa, è stata lavorare su tematiche per noi nuove. Anche se tutti proveniamo dal campo dell'ingegneria, le competenze richieste erano molto specifiche: formulazione di inchiostri funzionali, ottimizzazione di un processo di stampa 3D profondamente modificato, studio dei parametri elettrochimici delle membrane, fino alla progettazione meccanica di un'intera linea *roll-to-roll*. Di fatto, per molti aspetti siamo partiti da zero. Questo ha significato dover imparare rapidamente, sperimentare continuamente, sbagliare e correggere in modo iterativo. In un certo senso, la difficoltà si è trasformata in una parte formativa molto importante del progetto: mentre lo portavamo avanti, costruivamo anche le competenze necessarie per farlo funzionare. Dal punto di vista più tecnico, le sfide non sono mancate neppure nella progettazione stessa del metodo di stampa. Il comportamento dell'inchiostro in un sistema concepito originariamente per un

filo solido ha richiesto settimane di tentativi, perché ogni parametro, dall'ugello alla distanza dalla membrana, cambiava completamente il risultato. L'analisi dell'uniformità delle stampe, la correlazione con le performance elettrochimiche, l'ottimizzazione del software della stampante: ogni aspetto è stato oggetto di test e aggiustamenti. Nonostante questo, tutte queste difficoltà hanno contribuito a rafforzare la solidità del metodo. Guardandoci indietro, possiamo dire che il progetto è cresciuto proprio grazie a queste sfide, che ci hanno costretto a essere più rigorosi, più creativi nelle soluzioni e più coordinati come team.

Quali sono gli elementi più innovativi del vostro approccio rispetto ai metodi tradizionali di produzione delle membrane per celle a combustibile?

Testa: L'innovazione principale riguarda proprio il modo di produrre l'elettrodo e, più in generale, il *membrane electrode assembly* che citavo all'inizio. Oggi la metodologia più diffusa è l'*hot pressing*, come dicevo, un processo consolidato ma con diversi limiti: richiede tempi lunghi, comporta un consumo energetico elevato e soprattutto può introdurre stress termici sulla membrana, che è la parte più delicata della cella a combustibile. Inoltre, non è un metodo facilmente scalabile e non permette grande flessibilità nella geometria dei depositi. Il nostro approccio, invece, si basa sulla stampa 3D del materiale attivo direttamente sulla membrana, su entrambi i lati. Questo comporta diversi vantaggi. Prima di tutto consente un'enorme precisione nella deposizione: si può controllare in modo molto fine lo spessore, la forma e la quantità di materiale utilizzato. Questo significa minimizzare gli sprechi, perché viene depositato esattamente il necessario. In un'ottica di sostenibilità, sia economica sia ambientale, è un cambiamento



significativo. La stampa 3D rende anche il processo molto più flessibile, perché basta modificare un file digitale per cambiare la geometria dell'elettrodo, mentre con l'*hot pressing* bisognerebbe riprogettare stampi e procedure. Oltre agli aspetti promettenti del metodo *roll-to-roll* e dell'utilizzo del machine learning che citavo, che ci avvicina ai concetti di Industria 4.0, va detto che la nostra soluzione non richiede macchinari altamente specializzati né processi complessi: con una linea adeguatamente calibrata, le aziende potrebbero produrre internamente i propri elettrodi, riducendo i costi e aumentando il controllo sulla qualità. In sintesi, l'innovazione sta nella combinazione di tre elementi: stampa 3D, automazione *roll-to-roll* e ispezione intelligente, che insieme offrono un processo più veloce, più sostenibile, più preciso e soprattutto più facilmente adottabile dal mondo industriale.

Che tipo di relazioni avete sviluppato con aziende e altri gruppi di ricerca, sia dentro sia fuori Ecosister?

Testa: In questi anni abbiamo avuto modo di confrontarci sia con aziende esterne sia

con altri gruppi di ricerca all'interno di Ecosister, e devo dire che questa rete di contatti è stata uno degli aspetti più arricchenti del progetto. Sul fronte industriale, al momento abbiamo tre aziende che si sono dichiarate interessate a validare il prototipo, cioè a inserirlo e testarlo nelle loro linee produttive non appena la fase di realizzazione sarà completata. È interessante sottolineare che non si tratta di produttori di celle a combustibile, ma di aziende che lavorano in settori affini, ad esempio il packaging, e che stanno iniziando ad affacciarsi al mondo dell'idrogeno per non perdere competitività. Alcune di queste realtà, soprattutto sul territorio emiliano-romagnolo, stanno cominciando solo ora a introdurre l'idrogeno nei propri impianti, spesso in miscela, e sono molto interessate sia a formarsi sia a conoscere soluzioni tecnologiche nuove. Questo dialogo con le imprese è stato utile anche per capire quali caratteristiche renderebbero davvero adottabile la nostra tecnologia: semplicità d'uso, costi contenuti, scalabilità.

Per quanto riguarda il lavoro interno a Ecosister, la collaborazione con altri gruppi è stata altrettanto importante. Una delle in-

terazioni più significative è avvenuta sempre all'interno del nostro WP3, dove altri ricercatori si sono occupati di produrre idrogeno da fonti alternative, come la biomassa. L'idea era capire se l'idrogeno generato da questi prototipi potesse poi essere utilizzato nella nostra cella a combustibile. È stato un esempio concreto di come le varie parti della filiera – produzione dell'idrogeno, stoccaggio, utilizzo – possano dialogare tra loro all'interno dello stesso ecosistema di ricerca. In generale, collaborare con competenze così diverse è stato uno dei grandi valori aggiunti del progetto. Nel nostro team, ad esempio, convivono profili molto differenti: io sono un'ingegnera dei materiali, il collega che ha progettato la linea è un ingegnere meccanico e la dottoranda che si è occupata dell'analisi costi-benefici viene dall'ingegneria ambientale. Questa varietà ha permesso al progetto di crescere in modo più completo, integrando prospettive tecniche, meccaniche, chimiche e anche ambientali. E allo stesso tempo ha arricchito noi come ricercatori: per me, ad esempio, che provenivo da un settore diverso dove mi occupavo di rivestimenti per l'automotive, è stato un percorso di formazione continuo.

Guardando al futuro, quali sviluppi prevedete per questa tecnologia e quali direzioni pensate di esplorare nei prossimi anni?

Testa: Per quanto riguarda le prospettive future, il primo obiettivo concreto è sicuramente portare a termine il prototipo della linea *roll-to-roll* e iniziare a testarlo in modo sistematico. Abbiamo il modello definitivo, le parti stampate e i moduli di lettura basati su infrarossi che serviranno per il controllo di qualità. Una volta assemblato il prototipo, potremo avviare una fase di sperimentazione più ampia, sia in laboratorio sia, eventualmente, presso le aziende che si sono rese disponibili a validarlo. Uno

degli aspetti su cui vogliamo investire molto riguarda l'integrazione del machine learning, che ho citato. Abbiamo già raccolto numerose immagini e dati relativi all'uniformità delle stampe, e il passo successivo sarà addestrare un algoritmo in grado di riconoscere automaticamente eventuali difetti, differenziare le stampe idonee da quelle non conformi e prendere decisioni in tempo reale. L'obiettivo è arrivare a un sistema di produzione intelligente, che non si limiti a stampare ma sia in grado di autovalutarsi e correggersi. È un'evoluzione che potrebbe aumentare drasticamente l'affidabilità e la scalabilità del processo.

Parallelamente, c'è un secondo filone di ricerca che stiamo portando avanti in parallelo al progetto Ecosister: l'ottimizzazione dei catalizzatori. Oggi molte celle a combustibile utilizzano catalizzatori commerciali basati su materiali costosi o difficili da produrre. Noi stiamo lavorando a formulazioni alternative, sintetizzando in laboratorio nuove polveri per capire se possano offrire performance competitive rispetto ai materiali attualmente sul mercato. Questo approccio potrebbe avere un impatto notevole sulle prestazioni delle celle e sui costi complessivi. Nel lungo periodo, ci piace pensare che il nostro lavoro possa contribuire alla diffusione di tecnologie più accessibili e sostenibili per la produzione di componenti per celle a combustibile. Se il prototipo dimostrerà di essere efficiente, semplice da utilizzare e facilmente integrabile, la speranza è che aziende di settori anche molto diversi possano adottarlo come soluzione interna di produzione. Sarebbe un passo importante per accelerare la transizione verso sistemi energetici basati sull'idrogeno. Insomma, le prospettive sono ampie, il lavoro e richiederà ancora tempo, ma abbiamo già costruito una base molto solida su cui sviluppare le prossime fasi della ricerca.

Una manifattura avanzata per una produzione green: l'esperienza dello Spoke 3 Intervista a Dario Croccolo

Professore ordinario presso il Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università di Bologna e Coordinatore dello Spoke 3 di Ecosister.

Qual è l'oggetto dello Spoke 3 di Ecosister, di cosa si occupa, qual è la sua rilevanza in generale e, in particolare, nel contesto dell'ecosistema dell'Emilia-Romagna? Inoltre, quali sono i principali sottotemi in cui questo macrotema si declina?

Croccolo: Risponderei con una domanda che introduce uno dei risultati importanti che abbiamo raggiunto e che può rendere piacevole la conversazione con il lettore: può un semplice olio vegetale sostituire gli oli minerali, così dannosi per la salute e per l'ambiente, ma ancora molto diffusi in ambito industriale? Ecco, noi abbiamo provato a rispondere a domande di questo tipo, anche un po' provocatorie e particolari, perché pensiamo che la produzione industriale e l'industria manifatturiera in generale, molto diffuse nel nostro Paese e in particolare nella regione Emilia-Romagna, non possano diventare "verdi" – o almeno difficilmente – se ci si limita a guardare solo a ciò che accade dentro la fabbrica. L'obiettivo dello Spoke 3 di Ecosister è proprio dimostrare che è possibile, oltre che indi-

spensabile, immaginare una manifattura ecosostenibile a 360 gradi. Dunque, una manifattura a circolarità completa, ovvero capace di non generare alcun impatto ambientale. Può sembrare una sfida impossibile, ma intervenendo in modo specifico su fronti mirati, questo traguardo è raggiungibile. Noi ci lavoriamo da tre anni con l'obiettivo finale di arrivare, nel prossimo decennio, a manifatture che siano praticamente e completamente sostenibili.

Per comprendere meglio l'obiettivo, bisogna partire da una domanda: che cos'è una manifattura? Spesso la immaginiamo come una fabbrica che realizza componenti o prodotti industriali, ed è corretto, ma la manifattura non è composta solo da macchine che producono oggetti. La manifattura è un concetto più ampio che coinvolge tre grandi ambiti. Il primo riguarda, appunto, ciò che accade *dentro* la fabbrica e che coinvolge macchine, utensili e materiali o, più propriamente, i sistemi produttivi. Qui rientra, ad esempio, il tema della sostituzione degli oli minerali con oli vegetali, ma anche quello della riduzione dei consumi energetici e idrici dei sistemi produttivi. Il secondo riguarda i prodotti, che devono essere riciclabili, non dannosi per la salute e

progettati per un riutilizzo quasi totale, compresa la loro gestione legata ai sistemi di trasporto, di movimentazione e di stoccaggio, ovvero alla logistica interna. Infine, il terzo ambito è ciò che ruota *intorno* ed *esternamente* alla manifattura, ovvero la logistica esterna, i sistemi di approvvigionamento, la gestione delle materie prime, dei prodotti finiti e dei ricambi, ovvero la distribuzione fino al cliente finale.

La manifattura, quindi, non è solo produzione interna, ma un sistema a 360 gradi che comprende anche gestione di materiali, trasporti e infrastrutture. Ed è qui che entrano in gioco le importanti connessioni con gli altri Spoke del progetto Ecosister: lo Spoke 1 dedicato ai materiali, lo Spoke 4 dedicato alla mobilità sostenibile e lo Spoke 5 dedicato alla *blue economy*. Con tutti questi Spoke vi sono state interconnessioni forti e necessarie. Quello che abbiamo fatto in questi tre





anni è stato proprio studiare la manifattura nel suo complesso, ovvero considerando tutti gli aspetti ad essa connessi e sviluppandone la visione futura in chiave sostenibile.

Dal punto di vista operativo, come si è avviato il vostro lavoro? All'inizio del progetto, come avete definito l'ambito e come avete proceduto a dare avvio e a strutturare i diversi progetti di ricerca?

Croccolo: È stato un lavoro complesso, perché il progetto è molto ampio. All'interno dei vari Spoke – in particolare nello Spoke 3 – abbiamo chiamato a raccolta i ricercatori e gli studiosi che già si occupavano dei temi di cui parlavo prima: produzione, progettazione di prodotto e di processo, integrazione dei sistemi produttivi. Questo ha incluso anche l'*information technology*, quindi discipline come la previsione della produzione, l'interconnessione tra macchine, i *digital twin* (che consentono di simulare la produzione prima che il sistema reale sia operativo). A questi ricercatori si sono aggiunti esperti di logistica, distribuzione, stoccaggio, magazzino, oltre a specialisti di materiali, sia di base che avanzati.

Mettendo insieme queste competenze abbiamo creato delle linee di ricerca all'interno dello Spoke, chiamate tecnicamente *Work Package* che, in sostanza, sono articolazioni tematiche dedicate ai macro-ambiti individuati: tutto ciò che avviene all'interno della produzione, compreso lo studio dei materiali utilizzati nei processi; tutto ciò che riguarda ciò che sta fuori dalla produzione, cioè i sistemi logistici; l'integrazione tra sistemi produttivi e logistici; i materiali stessi, considerati non solo in relazione all'industria meccanica ma anche ad altri settori fortemente presenti nella regio-

ne, come quello agroalimentare. In Emilia-Romagna, infatti, il settore agroalimentare è molto presente e importante e, tra l'altro, produce molti scarti industriali. Per questo abbiamo coinvolto anche esperti chimici e di processi di recupero, per studiare come riciclare e riutilizzare questi importanti e numerosi materiali di scarto. Un esempio concreto è quello degli oli vegetali: il nostro gruppo di ricerca si è occupato di reintrodurre oli derivati da scarti alimentari invece che minerali, nell'industria meccanica. Un altro esempio è quello di utilizzare scarti vegetali come la paglia, al posto di reagenti chimici per la produzione di molecole fondamentali per il settore farmaceutico, nutraceutico o cosmetico.

Rispetto all'approccio interdisciplinare descritto, che tipo di metodo avete seguito e che relazioni o contaminazioni si sono sviluppate tra università, centri di ricerca e partner industriali?

Croccolo: Ci sono state numerosissime attività di interconnessione, richieste dallo stesso progetto: tra università e organismi di ricerca diversi, tra gruppi di ricerca e anche tra i diversi Spoke; lo Spoke 3, dedicato alla manifattura, si è molto interfacciato con lo Spoke 1 e lo Spoke 4, come accennato precedentemente. È stata quindi un'attività complessa, che ha coinvolto moltissimi ricercatori di varie istituzioni e discipline differenti. Per fare un esempio: l'ingegneria dell'informazione e le discipline legate all'IoT, che gestiscono i processi aziendali, hanno lavorato insieme ai ricercatori esperti di meccanica e di materiali. Questo perché le macchine che progettiamo e ottimizziamo devono dialogare con i sistemi di *information technology* delle aziende. Pensiamo alle innovazioni dell'IT: i dati generati dalla macchina, dall'utilizzo da

parte del cliente o dai sistemi interni, ci permettono di capire se la macchina funziona correttamente o presenta problemi, quanto è efficiente e quante risorse consuma. In questo modo possiamo intervenire in anticipo con la manutenzione predittiva, evitando sprechi, migliorando l'efficienza energetica e riducendo i costi. Un sistema informativo integrato, unito alla possibilità di creare modelli digitali del sistema produttivo, ci consente di fare previsioni al computer prima di realizzare fisicamente la macchina. Questo evita operazioni costose e dispendiose in termini energetici, perché sappiamo in anticipo come si comporterà l'impianto.

Per ottenere questi risultati è stato fondamentale mettere insieme competenze diverse: l'esperto chimico, che sa come trattare i materiali di base; l'ingegnere di impianto, che sa come realizzare e implementare i processi; l'ingegnere meccanico che sa come progettare e ottimizzare le strutture; e molti altri specialisti. Lo sforzo è stato enorme: solo nel nostro ateneo sono stati coinvolti oltre 200 ricercatori, per un totale di circa 1.400 mesi-uomo. Se moltiplichiamo tali dati per le sole cinque università partecipanti, si comprende la mole di lavoro e di persone coinvolte. Anche i revisori hanno riconosciuto e apprezzato questa capacità del progetto di essere realmente inter-Spoke, interuniversitario e interistituzionale. Anche sul fronte industriale le aziende coinvolte sono state numerose: in gran parte quelle con cui collaboriamo da tempo, ma anche nuove realtà, tutte interessate a portare avanti la transizione e la trasformazione ecologica a 360 gradi. Queste aziende hanno partecipato con entusiasmo anche ai cosiddetti bandi a cascata, che finanziavano direttamente le imprese sia del nostro territorio sia del Sud Italia, pro-

prio per tradurre in pratica le soluzioni e i modelli che stavamo studiando.

Per quanto riguarda la dimensione applicativa e il trasferimento tecnologico della vostra ricerca, in che modo questo aspetto è stato concretamente tenuto in considerazione nel vostro lavoro?

Croccolo: Questo è un tema molto importante, quindi grazie per la domanda. Tutti si chiedono: alla fine queste ricerche rimangono solo nelle mani dei ricercatori o vengono davvero trasferite? Proprio per fare in modo che i risultati vengano efficacemente trasferiti abbiamo previsto specifiche attività del progetto dedicate esclusivamente al trasferimento tecnologico. A farsene carico è stata l'agenzia della Regione Emilia-Romagna ART-ER, deputata a questo ruolo. ART-ER ha curato il trasferimento tecnologico in diverse modalità: organizzando convegni e congressi, promuovendo corsi e laboratori dedicati, coinvolgendo spin-off e nuove imprese interessate a diffondere, acquisire o sviluppare le nostre idee. In pratica, un lavoro di incubazione delle ricerche per trasformarle in realtà concrete. Da un lato c'è stato quindi l'impegno a diffondere in modo capillare le nostre scoperte presso le aziende; dall'altro la volontà di stimolare la nascita di nuove imprese basate sui risultati ottenuti. Due piani paralleli: chi poteva applicare da subito le nostre innovazioni e chi poteva farne la base per una nuova attività imprenditoriale. Devo dire che molte di queste idee sono state già accolte e si stanno realizzando all'interno di realtà industriali.

Quali sono stati i progetti di ricerca più rappresentativi?

Croccolo: Gli esempi sarebbero moltissimi. Parto da uno che conosco bene e

che si ricollega alla domanda iniziale: stiamo studiando l'utilizzo di oli vegetali al posto degli oli minerali in diverse applicazioni. Pensiamo ai sistemi per attrito, come i collegamenti bullonati (immaginate quante viti e bulloni ci sono in un'automobile o in un prodotto industriale) oppure ai fluidi lubro-refrigeranti, cioè emulsioni acqua-olio usate per le lavorazioni meccaniche. Questo progetto, oltre a essere apprezzato all'interno di Ecosister, ha suscitato interesse anche all'esterno: ad esempio, con il progetto PNRR del Centro Nazionale per la Mobilità Sostenibile (MOST) dedicato all'automotive, abbiamo avviato collaborazioni perché il settore è molto interessato a queste soluzioni.

Un altro progetto avanzato riguarda il riutilizzo degli scarti dell'industria agroalimentare, come la paglia derivante dalla raccolta del grano. Questi materiali sono stati resi disponibili come reagenti naturali per l'industria farmaceutica e nutraceutica, ma anche cosmetica. L'obiettivo è ridurre l'impatto della chimica tradizionale, sostituendola con processi basati su scarti vegetali. In questo caso siamo arrivati alla realizzazione di un impianto pilota che presto vedrà la realizzazione a livello industriale. Sul fronte della logistica, poi, abbiamo studiato sistemi di stoccaggio decentralizzati per ridurre tempi e costi di approvvigionamento. Qui è entrata in gioco la manifattura additiva o stampa 3D. Il paradigma tradizionale di produzione prevede di partire da un materiale solido e rimuovere ciò che non serve, un po' come fa uno scultore. La manifattura additiva ribalta questo schema: si parte da polveri e si costruisce la forma finale per solidificazione selettiva del materiale di base (*additive manufacturing* appunto), riducendo, dunque, gli

sprechi e ottimizzando le forme geometriche. Ma il vantaggio non è solo il risparmio di materiale: con la stampa 3D possiamo produrre il componente nei pressi dell'utilizzatore finale, senza trasportarlo né stoccarlo, con un risparmio enorme di energia e di costi. Inoltre, si produce solo ciò che serve, quando serve e con caratteristiche ottimizzate. Questo paradigma, inizialmente applicato soprattutto alle parti in plastica, oggi si sta estendendo anche a componenti metallici complessi. In più, consente di ottimizzare le strutture riducendo i pesi e impiegando materiale solo dove necessario, ottenendo un risultato *win-win*: meno materiale, meno costi e componenti più efficienti.

Un altro filone riguarda l'energia. Siamo tutti consapevoli che i consumi elettrici stanno esplodendo, anche a causa della diffusione dell'intelligenza artificiale. Per questo abbiamo lavorato su sistemi di produzione, stoccaggio e utilizzo dell'energia più efficienti concentrando su settori particolarmente *energy demanding*, come l'industria ceramica e la siderurgia legata, in particolare, al trattamento termico dei materiali, molto presenti nel nostro territorio. In questi casi si è lavorato per ottimizzare le fonti di energia e i sistemi di riscaldamento, puntando a ridurre le dispersioni: invece di riscaldare con temperature che arrivano, in alcuni casi, anche oltre i 1.000 gradi intere aree o zone non sottoposte a lavorazioni o trasformazioni, ci si concentra sulle parti o sui componenti da trattare. Il risparmio energetico è quindi enorme. Infine, un aspetto che considero fondamentale: l'integrazione dei *digital twin* già citati. La possibilità di simulare in anticipo un sistema produttivo consente di prevederne i comportamenti anche dal punto di vista energetico, evi-

tando sprechi e interventi tardivi. Questo completa la visione di una manifattura più sostenibile ed efficiente.

Per quanto riguarda la futura prosecuzione di questi progetti, quali sono le prospettive?

Croccolo: Le prospettive sono molto interessanti, perché nei prossimi anni penso che gran parte delle nostre ricerche troverà applicazione industriale, come quelle che ho descritto. Alcune lo stanno già facendo: diverse aziende stanno implementando i risultati di cui vi ho parlato o li hanno acquisiti tramite start-up che li stanno sviluppando. Lo scenario che prevediamo è quello di un forte risparmio energetico e di una manifattura sempre più circolare, a impatto quasi zero. A differenza del paradigma tradizionale, che ha l'obiettivo di produrre nel modo più efficace solo puntando all'efficienza dell'oggetto desiderato, il futuro richiede un cambio di prospettiva: dobbiamo puntare a produrre, distribuire e realizzare con il minor consumo energetico e ambientale possibile, mantenendo, però, inalterate la qualità e la funzionalità del prodotto. L'obiettivo rimane lo stesso, ovvero quello di soddisfare le esigenze del cliente, che sia finale o intermedio. Che si tratti di un utente finale che utilizza un telefono o un'autovettura, o di un'azienda che acquista un macchinario per produrre altri oggetti, il prodotto deve garantire tutte le prestazioni richieste, ma con efficienza energetica, riduzione degli sprechi e un approccio ispirato all'economia circolare.

Apro una parentesi fuori dall'ambito strettamente meccanico-industriale: anche l'agroalimentare offre esempi significativi. È noto quanto gli allevamenti bovini e suini abbiano un impatto ambientale molto forte, per consumi idrici



e dispersione di sostanze inquinanti. Ebbene, anche lì si può puntare a un modello di economia circolare che mantenga la produzione di qualità ma riduca l'impatto. Non è un tema che abbiamo studiato direttamente, ma serve a far capire che il futuro dovrà andare in questa direzione in tutti i settori.

Questo progetto, quindi, presenta anche il valore culturale di favorire la diffusione di una mentalità orientata all'economia circolare. Le grandi aziende già ci stanno lavorando, mentre le piccole e le medie possiedono meno risorse per studiare e implementare soluzioni complesse. Per questo motivo, uno dei nostri obiettivi è rendere i risultati disponibili a tutti. Le nostre ricerche, infatti, sono pubblicate su riviste ad accesso libero, perché devono essere patrimonio comune e non proprietà esclusiva di qualcuno. È un aspetto importante. A differenza di molti progetti di ricerca tradizionali, dove vige un accordo di copyright o di riservatezza, in questo caso tutto ciò che abbiamo studiato, anche con le aziende, deve diventare patrimonio collettivo. Visti i risultati positivi, il Ministero sta valutando come garantire continuità a questi progetti. Ricordo, inoltre, che esiste un ecosistema quasi per ogni regione italiana e l'intento è quello di non disperdere quanto costruito. Si sta pensando quindi a diverse modalità per proseguire soprattutto con le attività di diffusione già avviata che, però, richiedono più tempo per produrre gli effetti voluti. In sintesi, non ci fermeremo ed è molto probabile, per non dire auspicabile, che il nostro progetto abbia sviluppi ulteriori al fine di diffondere capillarmente gli importanti risultati ottenuti in questi tre anni.

Ottimizzare prodotti e processi con nuovi materiali e additive manufacturing

Intervista a Giorgio Olmi

Giorgio Olmi è Professore associato presso il Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università di Bologna e componente dello Spoke 3 di Ecosister.

Qual è stato il suo ruolo all'interno dello Spoke 3 e, in particolare, del Work Package 1?

Olmi: Sono entrato nel progetto Ecosister come coordinatore del Work Package 1 dello Spoke 3 all'inizio del 2023, poco dopo l'avvio ufficiale. Il WP1 ha un titolo ambizioso: *Development of zero-pollution products, processes and production systems that minimize the energy demand and the use of hazardous and non-renewable materials*. Racchiude un insieme molto ampio di attività, che vanno dalla riduzione dei consumi energetici al riciclo di materiali, dalla progettazione di processi più puliti allo sviluppo di ceramiche e compositi ecosostenibili, fino ai temi della manifattura additiva e della digitalizzazione attraverso i *Digital Twin*. Il mio compito principale è stato quello di coordinare una rete estremamente eterogenea, tra università, centri di ricerca e realtà territoriali: l'Università di Bologna, l'Università di Modena e Reggio Emilia, l'Università di Parma, il Politecnico di Milano con MUSP, diversi istituti del CNR, l'ENEA, BI-REX, Centro Ceramico e Romagna

Tech. All'inizio è stato fondamentale costruire un dialogo comune e ci siamo organizzati con riunioni periodiche online per conoscere nel dettaglio le attività di ciascun gruppo, verificare l'avanzamento dei lavori e soprattutto collocarli nei contesti e Deliverable più opportuni. Un aspetto su cui ho lavorato molto è stato l'individuazione delle possibili sinergie tra gruppi che, pur operando su temi diversi, potevano ottenere risultati migliori, unendo le forze e i risultati. Era un punto su cui insistevano anche i revisori internazionali, e in effetti ha portato a sviluppare legami solidi, ad esempio tra i gruppi che lavoravano sui compositi, sulle ceramiche, sulle tecnologie additive o sulle macchine elettriche e relativi controlli ed efficienza. Oltre alla parte scientifica, il ruolo di coordinatore ha richiesto anche un'attività più operativa: raccogliere e verificare le attività svolte dai partner, supportare la rendicontazione, supervisionare la stesura dei Deliverable e rappresentare il WP1 negli eventi pubblici o di disseminazione, come R2B o i webinar organizzati insieme alle fiere di settore. È stato un lavoro impegnativo, ma anche molto stimolante, perché ha permesso di dare una direzione unitaria a un insieme di competenze davvero ampio.

Quali sono stati i principali filoni di ricerca sviluppati all'interno del Work Package?

Olmi: Nel Work Package 1 i filoni di ricerca erano numerosi e, in alcuni casi, anche piuttosto diversi tra loro. Il punto in comune era l'obiettivo di ridurre consumi, emissioni e impatti ambientali lungo tutto il ciclo di vita dei prodotti e dei processi industriali. Per dare un'idea complessiva, possiamo raggrupparli in alcune grandi aree. Il primo filone riguarda i materiali e i compositi ecosostenibili. Diversi gruppi hanno lavorato sul recupero e sul riutilizzo delle fibre di carbonio provenienti da compositi a fine vita. È un tema molto attuale, perché questi materiali sono sempre più usati nell'automotive, nell'aeronautica, nella nautica, nello sport o nelle infrastrutture, ma pongono problemi seri di smaltimento. L'idea è recuperare le fibre, reinserirle in matrici polimeriche e creare nuovi materiali con buone prestazioni meccaniche. In questo ambito sono stati studiati anche aspetti pratici come la foratura, che può essere complessa quando si utilizzano fibre riciclate, e che in alcuni casi è stata ottimizzata con tecniche criogeniche. Un secondo filone importante riguarda il riciclo di scarti industriali e rifiuti urbani. Qui rientrano, ad esempio, i cementi ottenuti da ceneri vetrificate o da residui di demolizione edilizia, che sono stati preparati e testati per verificarne la qualità strutturale. In altri casi, materiali plastici scartati, come tappi di bottiglia o membrane per biberon, sono stati trasformati in prototipi di filtri per l'aria o biosensori. In generale, l'obiettivo era dimostrare che ciò che consideriamo rifiuto può diventare materia prima per nuovi prodotti. Il terzo ambito ha riguardato le ceramiche ecosostenibili. I gruppi di ricerca attivi in questo campo hanno lavorato su un approccio innovativo: invece di inserire materiali

riciclati "in sostituzione" di un singolo componente, hanno riprogettato l'intera composizione chimica delle ceramiche, per integrare i composti riciclati in modo efficiente. Il risultato sono piastrelle, che utilizzano scarti, ma mantengono prestazioni equiparabili a quelle tradizionali. Il quarto filone riguarda l'additive manufacturing, e si è focalizzato sul suo impatto energetico. Ci si è soffermati, ad esempio, su quanto consumano energeticamente i processi di stampa 3D, sia polimerici, sia metallici, e su come possano cambiare i consumi, variando i parametri di stampa. È un lavoro essenziale per capire come rendere più sostenibile una tecnologia sempre più diffusa.

Un'altra area è poi quella delle macchine elettriche ad alta efficienza. Alcuni gruppi hanno sviluppato nuovi sistemi di controllo per motori a riluttanza, che sono potenzialmente molto efficienti ma fino ad ora poco usati perché difficili da governare. I dispositivi realizzati nell'ambito del progetto hanno migliorato le prestazioni di controllo e quindi l'efficienza energetica complessiva. Infine, un filone più trasversale ha riguardato la manifattura additiva per la moda. Qui l'obiettivo era arrivare a una "personalizzazione continua" di oggetti come bracciali o collane, permettendo all'utente di modificare con grande libertà forma e colore attraverso interfacce molto intuitive, senza la necessità di competenze tecniche. Il sistema genera automaticamente il modello 3D e lo prepara per la stampa. Ci sono anche applicazioni legate al recupero di abiti dismessi, che possono essere rigenerati con texture o immagini stampate, appunto in 3D. Questi sono i filoni principali, molto diversi, accomunati dall'idea di rendere i prodotti e i processi più sostenibili, e soprattutto di trasformare la ricerca in soluzioni realmente applicabili.

Coordinare gruppi così diversi per competenze e approcci deve essere stato complesso. Quali sono state le principali difficoltà e quali i punti di forza di questa modalità di lavoro?

Olmi: La principale difficoltà è stata senza dubbio la grande eterogeneità dei temi. Non solo i gruppi ma anche gli enti coinvolti avevano nature differenti: università, centri di ricerca, laboratori privati e strutture orientate alla formazione. Coordinare attività così distanti richiede, prima di tutto, di comprendere bene il linguaggio tecnico di ciascun gruppo, perché diversi temi non appartenevano inizialmente alla mia area di ricerca e di diretta esperienza. Ho dovuto studiare, confrontarmi e fare più volte da ponte tra ambiti diversi, soprattutto nelle fasi in cui bisognava integrare i contenuti oggetto di Deliverable. Un'altra difficoltà è stata

quella di individuare sinergie reali e non solo formali. All'inizio non era scontato capire quali fossero i possibili collegamenti, perché i temi apparivano distanti tra loro. Nel tempo, però sono emerse connessioni interessanti. Ad esempio, tra i gruppi che si occupavano di ceramiche e quelli che studiavano i materiali compositi, tra chi lavorava sull'impatto energetico dei processi additivi e chi invece sviluppava sistemi di controllo per ridurre i consumi delle macchine elettriche, oppure tra i laboratori impegnati sul riciclo dei materiali in ambito urbano e quelli che studiavano soluzioni analoghe per i rifiuti industriali.

Un grande punto di forza è che questa eterogeneità, una volta gestita, si è rivelata un valore che ha permesso di costruire un ecosistema di competenze molto più ampio rispetto a quello che ogni gruppo

avrebbe potuto sviluppare da solo. In diversi casi, gruppi non strettamente legati alla ricerca universitaria hanno potuto scoprire interessanti opportunità di collaborare, e hanno ricambiato, offrendo un significativo supporto a diverse attività. Per esempio, BI-REX e Romagna Tech sono stati fondamentali in questo senso: il primo offrendo competenza tecnica e infrastrutture condivise, il secondo mettendo in rete esperienze formative e creando spazi per workshop e tirocini. Anche gli incontri periodici e gli eventi di disseminazione, come R2B e i webinar Tecna, hanno aiutato molto, perché costringevano tutti a confrontarsi, a spiegare il proprio lavoro in modo facilmente comprensibile e a capire quello degli altri. Un altro aspetto positivo è stato vedere come la collaborazione abbia facilitato la partecipazione ai Deliverable. Quando i gruppi hanno iniziato a percepire il WP

non come un insieme di attività separate, ma come un quadro comune, il lavoro di raccolta dei contributi è diventato più fluido. Questo ha permesso anche ai revisori di avere una visione organica del progetto e di apprezzarlo.

Entrando più nel merito dei progetti, quali considera particolarmente significativi in termini di trasferimento tecnologico e applicabilità industriale?

Olmi: Tra i progetti più rappresentativi del Work Package 1 ce ne sono due che riguardano direttamente il lavoro del nostro gruppo. Il primo è lo studio sull'utilizzo di lubrificanti vegetali nei collegamenti filettati, un'attività applicativa nata dall'esigenza di ridurre l'impatto ambientale dei lubrificanti tradizionali. Nei giunti avvitati l'attrito ha un ruolo determinante nel garantire la corretta



forza assiale, una volta operato il serraggio. Tuttavia, l'usura, che deriva da cicli ripetuti di montaggio e smontaggio, può alterarne le condizioni. Per questo si usano normalmente grassi e oli minerali, che però sono dannosi per l'ambiente. Ci siamo chiesti quindi se lubrificanti vegetali comuni, come l'olio di girasole quello di sesamo o di cocco frazionato, potessero offrire prestazioni comparabili. Grazie a un banco prova potenziato con i fondi Ecosister abbiamo analizzato coppie di serraggio, forze di tiro e coefficienti d'attrito su una serie di cicli ripetuti. I risultati sono stati molto positivi: in particolare, l'olio di cocco frazionato ha mostrato prestazioni allineate, e in alcuni casi superiori, a quelle dei lubrificanti tradizionali, anche i più performanti, mantenendo nel tempo un attrito stabile. Ciò significa che è possibile sostituire la lubrificazione tradizionale con l'applicazione di un prodotto naturale e non inquinante, senza penalizzare la sicurezza del collegamento. Il secondo progetto riguarda la rigidità delle saldature, svolto anche con il supporto di Bucci Automations. L'azienda aveva l'esigenza di ottimizzare alcuni componenti delle proprie macchine transfer, passando da strutture monolitiche fuse a strutture composte da più parti saldate, con l'obiettivo di aumentare il rapporto rigidità/peso. Mentre esistono molti studi sulla resistenza delle saldature, mancavano dati attendibili sulla loro rigidità, fondamentale per progettare macchinari che in esercizio possono ammettere solo deformazioni molto basse. Abbiamo realizzato una campagna sperimentale su provini con diverse geometrie di saldatura, applicando carichi significativi e misurando l'allungamento nelle zone critiche. Siamo arrivati a forze nell'ordine di decine di chilonewton (kN), ricavando dati quantitativi che verranno ora usati per calibrare modelli nu-

merici, che permetteranno di continuare lo studio su casi applicativi reali. Questo permetterà di progettare strutture più leggere, il che si traduce in minori consumi energetici durante il funzionamento, senza perdere rigidità.

Oltre ai progetti seguiti dal nostro gruppo, il Work Package 1 ha prodotto risultati importanti in altri ambiti. Il Politecnico di Milano ha sviluppato materiali compositi rinforzati con fibre di carbonio riciclate, ottenendo prototipi con prestazioni molto promettenti e studiando anche tecniche di lavorazione come la foratura criogenica. I gruppi del CNR e del Centro Ceramico hanno messo a punto nuovi processi per ceramiche realizzate con scarti, ripensando completamente la composizione chimica per garantire proprietà meccaniche e qualità estetica analoghe ai prodotti tradizionali. Hanno inoltre studiato come rendere il processo produttivo di piastrelle ceramiche energeticamente più efficiente. A Parma sono stati valutati i consumi energetici della manifattura additiva, dimostrando come certe impostazioni di stampa possano ridurre significativamente l'impatto ambientale, per materiali sia polimerici sia metallici. ENEA ha lavorato invece sulla personalizzazione continua nella moda, di cui ho già parlato, il che permette di ottenere prodotti ritagliati sui gusti dell'utente e tutti diversi l'uno dall'altro. Questi esempi mostrano come il Work Package, pur molto diversificato, abbia prodotto risultati concreti e in molti casi trasferibili direttamente all'industria.

Qual è stato l'impatto sul territorio e sul sistema industriale regionale?

Olmi: Un altro degli aspetti più significativi di Ecosister è stato sicuramente il rafforzamento del dialogo tra ricerca e im-

prese del territorio. Il tessuto industriale dell'Emilia-Romagna è ricco di competenze e specializzazioni, e il confronto su temi come la riduzione dei consumi, il riciclo dei materiali o l'efficienza dei processi ha generato un valore concreto. Un ruolo importante, anche qui, è stato svolto dagli eventi di disseminazione: la partecipazione a R2B e ai webinar collegati alle fiere di Rimini ha consentito di mostrare al pubblico e alle aziende prototipi, campioni e risultati già maturi, dando un'idea tangibile delle potenzialità applicative delle ricerche sviluppate. Un impatto altrettanto rilevante ha riguardato la formazione. Ecosister ha offerto a studenti, tesisti, dottorandi e giovani ricercatori l'opportunità di lavorare su tecnologie avanzate, dalla manifattura additiva ai materiali ecosostenibili. Romagna Tech, in particolare, ha creato un ambiente che favorisce workshop, tirocini e attività di divulgazione, contribuendo a formare competenze, che saranno sempre più richieste nel futuro del settore manifatturiero. Inoltre, il progetto ha favorito la nascita di una rete regionale stabile e le aziende sono state coinvolte nel proporre temi e cercare insieme soluzioni. Le collaborazioni tra università, istituti di ricerca, centri tecnici e imprese hanno gettato le basi per nuove iniziative, che continueranno anche oltre Ecosister. La sostenibilità, in questo senso, è diventata un terreno comune su cui sviluppare soluzioni concrete, mettendo insieme competenze complementari. Complessivamente, credo che l'impatto sul territorio sia stato molto positivo dal punto di vista scientifico e tecnologico, e per la creazione di un ecosistema collaborativo, che potrà generare benefici anche negli anni a venire.

Guardando al futuro, quali sviluppi immagina dopo la conclusione di Ecosister?

Olmi: Molte delle attività avviate con Ecosister non si esauriranno con il termine formale del progetto. In diversi casi, il lavoro svolto in questi due anni ha aperto linee di ricerca che meritano di essere approfondite e che potranno generare risultati applicativi anche nel medio periodo. Un esempio evidente è lo studio sui lubrificanti vegetali. Dopo aver verificato che alcuni oli naturali offrono prestazioni paragonabili, e talvolta migliori, dei lubrificanti tradizionali, stiamo iniziando a valutare l'uso degli oli esausti da cucina. Sarebbe un passo ulteriore verso la sostenibilità: non solo utilizzare prodotti non inquinanti, ma recuperare materiali di scarto che oggi rappresentano un problema ambientale. È un filone che richiederà test approfonditi e probabilmente la definizione di specifici modelli, ma che potrebbe portare a soluzioni di reale impatto industriale e di circolarità. Un discorso analogo riguarda gli studi sulla rigidità delle saldature. I dati sperimentali ottenuti sono solo il primo tassello. La fase successiva consiste nell'integrare queste informazioni nei modelli numerici utilizzati relativi a casi applicativi industriali, così da migliorare l'accuratezza delle simulazioni. Penso che in generale abbiamo avuto la dimostrazione che il patrimonio di conoscenze costruito può essere messo rapidamente al servizio delle imprese. Mi aspetto che questa parte continui, magari in forme nuove, perché la domanda di soluzioni sostenibili è destinata ad aumentare e la ricerca ha molto da offrire. Ecosister non chiude nulla, piuttosto lascia in eredità collaborazioni, strumenti e competenze che potranno sostenere nuove linee di ricerca e nuove applicazioni industriali. Il potenziale è grande, soprattutto se il sistema regionale saprà mantenere vive le connessioni create in questi anni.

Soluzioni chimiche per trasformare le biomasse in risorse utili

Intervista a Claudio Trapella

Claudio Trapella è Professore ordinario di Chimica organica presso l'Università di Ferrara e componente dello Spoke 3 di Ecosister.

Nello Spoke 3 si è occupato della sintesi su larga scala di prodotti chimici ad alto valore aggiunto da scarti agroalimentari. Qual è stato il suo ruolo e in cosa consiste questa ricerca?

Trapella: Io sono un chimico organico e, all'interno dello Spoke 3 di Ecosister, mi sono concentrato sul tema del recupero e della valorizzazione degli scarti. Il nostro obiettivo era trasformare materiali che normalmente verrebbero eliminati, soprattutto residui agroalimentari, per ottenere nuove molecole utili in tre ambiti: farmaceutico, cosmetico e nutraceutico. Sono settori molto diversi tra loro, ma accomunati dal crescente interesse verso processi sostenibili e tecnologie di chimica verde. Abbiamo scelto come materiale principale la paglia, un residuo abbondante e facilmente reperibile in Emilia-Romagna, che è una delle regioni italiane con la maggiore produzione di grano. Questo significa avere a disposizione un'enorme quantità di scarto a "chilometro zero", senza necessità di importare materia prima da altri Paesi. La paglia è spesso considerata un materiale

di poco valore. Talvolta viene bruciata, talvolta impiegata come foraggio, ma in realtà contiene componenti interessanti, in particolare polisaccaridi, che possono essere recuperati e trasformati in importanti precursori chimici attraverso processi fermentativi: un principio simile a quello che permette di produrre la birra, anche se ovviamente finalizzato a scopi completamente diversi. Il passaggio chiave è stato sviluppare un metodo di trasformazione di tali precursori basato su enzimi, cioè catalizzatori naturali presenti in ogni cellula vivente. Gli enzimi impiegati sono di origine, batterica ottenuti a loro volta tramite processi fermentativi. Questo approccio ci ha consentito di lavorare senza solventi, senza metalli pesanti e a basse temperature, riducendo drasticamente l'impatto ambientale rispetto alla chimica tradizionale. Attraverso questo processo biocatalitico siamo riusciti a ottenere corpi chetonici, molecole note al grande pubblico soprattutto per la dieta chetogenica, ma che in realtà hanno potenziali implicazioni molto più ampie. Il nostro compito, nell'ambito di Ecosister, è stato dunque quello di dimostrare che da uno scarto agricolo comune si possono ottenere molecole ad alto valore aggiunto, utilizzando tecnologie sostenibili. Ci siamo concentrati sulla parte

di sintesi e sulla scalabilità del processo, arrivando a lavorare con reattori da 10 kg, che per un laboratorio universitario rappresentano dimensioni già significative. Non abbiamo affrontato la parte regolatoria o i test di tossicità, fasi che richiedono tempi molto lunghi e strutture dedicate, perché non rientravano negli obiettivi del progetto. Il nostro ruolo era costruire la base scientifica e dimostrare la fattibilità tecnica del processo.

Questo progetto è nato direttamente dentro Ecosister o esisteva già una base precedente?

Trapella: Il progetto, nella sua formulazione attuale, è nato integralmente all'interno di Ecosister circa tre anni e mezzo fa, quando siamo entrati ufficialmente nello Spoke 3. Come chimici avevamo già familiarità con l'impiego degli enzimi nelle reazioni di sintesi organica, quindi una base scientifica esisteva. Tuttavia, non avevamo ancora affrontato un percorso che comprendesse l'intera filiera, dalla scelta e preparazione della materia prima fino all'ottenimento di un prodotto finito potenzialmente pronto per applicazioni di interesse industriale. Ecosister ci ha dato l'opportunità di trasformare un sapere già presente in un progetto strutturato, completo e orientato alla sostenibilità, permettendoci di esplorare aspetti che normalmente in un contesto accademico è difficile approfondire, soprattutto per ragioni economiche e organizzative. In particolare, ci ha consentito di lavorare sul tema dello scale-up, cioè la traduzione di una reazione da piccole quantità di laboratorio ai chilogrammi. Per un chimico di laboratorio è routine condurre esperimenti su qualche decina o centinaio di millilitri, ma portare la stessa reazione a 10 kg di materiale è tutto fuorché banale: cambiano le dinamiche termiche, la gestione

della miscelazione, le tempistiche, i consumi energetici, e diventa fondamentale poter dialogare con ingegneri di processo e tecnologi. Senza Ecosister sarebbe stato molto più difficile avere sia le risorse sia il contesto interdisciplinare necessari per affrontare questa parte del lavoro.

Il progetto, quindi, non è la prosecuzione di qualcosa di già avviato, ma piuttosto una nuova linea di ricerca resa possibile dal sostegno del programma, che ci ha permesso di integrare la nostra esperienza in biocatalisi con una visione più ampia: non fermarsi alla reazione su piccola scala, ma pensare a un intero processo sostenibile, riproducibile e potenzialmente trasferibile a realtà produttive. In questo senso Ecosister è stato determinante anche perché ha messo a disposizione una rete di competenze interne allo Spoke che ci ha aiutato a far evolvere le nostre conoscenze in direzioni nuove. Non si è trattato solo di approfondire quello che già sapevamo fare, ma di portarlo a un livello diverso, più maturo e più vicino all'applicazione industriale. Avevamo una base accademica solida, ma il progetto vero e proprio è nato grazie a Ecosister, che ha fornito il quadro, i mezzi e le collaborazioni necessarie per costruire qualcosa di totalmente nuovo.

Dal punto di vista applicativo, quali prospettive future vede per questo tipo di molecole?

Trapella: Le prospettive sono molteplici, perché i corpi chetogenici rappresentano una classe di composti estremamente interessante sia dal punto di vista nutraceutico sia da quello farmaceutico. Il loro utilizzo è noto soprattutto in relazione alla dieta chetogenica, che negli ultimi anni ha attirato molta attenzione per i possibili benefici su metabolismo, performance fisica e gestione dell'ener-



gia. Tuttavia, la nostra ricerca non si è concentrata tanto sull'aspetto dietetico, quanto sulle potenziali applicazioni nel supporto del sistema nervoso centrale. In diverse patologie neurodegenerative, come Alzheimer, Parkinson e alcune forme di demenza, si osserva un metabolismo alterato del glucosio nelle cellule cerebrali. In condizioni di questo tipo, poter fornire al cervello una fonte energetica alternativa potrebbe aiutare le cellule a funzionare meglio. I corpi chetogenici sono, da questo punto di vista, molecole di interesse crescente perché rappresentano un carburante molto efficiente e immediatamente utilizzabile. L'idea, quindi, è che possano essere integrati in formulazioni in grado di supportare i tessuti nervosi quando il metabolismo degli zuccheri non è sufficiente.

Un altro ambito applicativo riguarda l'integrazione alimentare. Pur avendo vari effetti benefici, la dieta chetogenica presenta limiti evidenti: è molto restrittiva, richiede un apporto di grassi molto alto e non può essere seguita da persone con colesterolo o trigliceridi elevati. Per questo motivo l'uso di chetoni esogeni potrebbe rappresentare una soluzione più inclusiva, capace di offrire alcuni vantaggi della dieta senza gli squilibri metabolici che questa può causare. L'integrazione potrebbe permettere a una parte molto più ampia della popolazione di beneficiare del metabolismo chetonico senza dover modificare in modo drastico il proprio stile alimentare. Naturalmente, queste prospettive richiedono un percorso regolatorio complesso. Non è possibile immettere sul mercato un integratore o un prodotto nutraceutico senza un rigoroso processo di valutazione. L'ente responsabile è l'Agenzia Europea per la Sicurezza Alimentare (EFSA), che richiede dati dettagliati su sicurezza, tossicità e

potenziali controindicazioni. Nel caso di applicazioni farmaceutiche, il percorso è ancora più lungo e deve passare attraverso l'Agenzia Europea dei Medicinali (EMA). Si tratta di test che richiedono tempo, risorse e laboratori certificati, che garantiscano la conformità agli standard di qualità e sicurezza.

Quali sono state le principali fasi della ricerca? E avete collaborato anche con altri Spoke o con realtà esterne?

Trapella: Il progetto si è sviluppato attraverso diverse fasi, tutte strettamente collegate tra loro. La prima è stata la selezione della materia prima, ovvero della paglia come materiale più adatto per il tipo di trasformazioni chimiche che volevamo ottenere. Una volta definita la materia prima, ci siamo concentrati sulla messa a punto del processo enzimatico per recuperare i componenti di interesse. È stata una fase lunga, in cui abbiamo lavorato molto sulla scelta degli enzimi, sulle condizioni operative e sulla loro resa. Il nostro obiettivo era ottenere un processo che fosse sostenibile nei fatti e una sintesi davvero verde. Successivamente è iniziato il lavoro di scale-up. Portare un processo da piccole quantità di laboratorio ai chilogrammi significa affrontare problemi completamente diversi, dalla gestione del calore alla miscelazione, fino al controllo dei parametri di reazione. È qui che la collaborazione con gli ingegneri dello Spoke si è rivelata essenziale. Abbiamo utilizzato i reattori da 10 kg, che in ambito universitario rappresentano già una scala significativa, e inserito sensori e sistemi di monitoraggio che ci hanno permesso di comprendere il comportamento reale del processo. Un altro elemento centrale è stato lo studio LCA, il *Life Cycle Assessment*, realizzato insieme ai colleghi di Modena e Parma e

al CNR. Questo tipo di analisi confronta l'impatto ambientale del nostro processo con quello di una sintesi tradizionale basata sul petrolio. È un lavoro tuttora in corso, ma i risultati preliminari mostrano chiaramente un miglioramento dell'impronta ecologica. Si tratta, in questo caso, di dimostrare che il processo è più sostenibile rispetto alle tecnologie convenzionali.

Per quanto riguarda le collaborazioni esterne allo Spoke, in questa fase non abbiamo ancora sviluppato partnership operative con aziende o altri enti, perché la priorità era consolidare il processo e valutarne l'impatto ambientale. Abbiamo però svolto diverse attività di divulgazione, soprattutto nelle scuole, per spiegare che cosa stessimo facendo e qual è l'obiettivo generale dello Spoke 3, che comprende anche progetti su alluminio, tessile e altri flussi di scarto. Questi tre anni sono serviti soprattutto a costruire una rete interna che prima non esisteva. All'inizio non era immediato collaborare con figure così diverse tra loro, ma il dialogo con ingegneri di processo, analisti LCA e altri ricercatori ha permesso di unire competenze complementari e di far crescere il progetto in direzioni che da soli non avremmo potuto raggiungere.

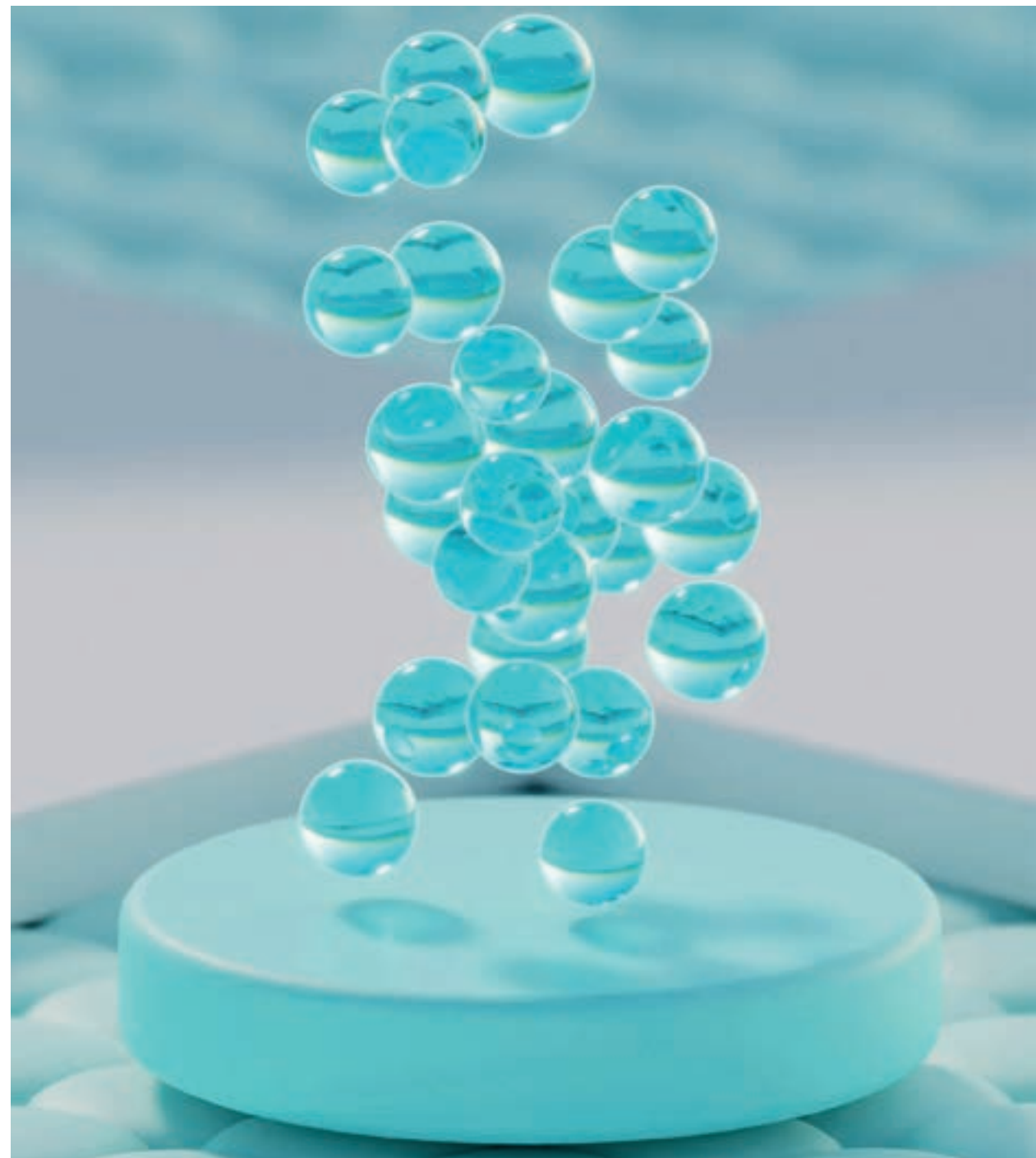
Dal punto di vista dell'esperienza interdisciplinare, cosa ritiene più importante di quanto maturato in Ecosister?

Trapella: L'aspetto che più mi ha colpito in questo progetto è stato il confronto continuo con competenze molto diverse dalle mie. All'inizio non è stato affatto semplice: provenendo da un ambiente di ricerca dove si lavora quasi sempre con altri chimici, seppure a un livello internazionale, ero abituato a parlare la stessa "lingua scientifica" con persone che condividono approcci, strumenti e me-

todi. In Ecosister, invece, mi sono trovato a collaborare con mondi che conoscevo solo marginalmente, e questo ha richiesto un periodo iniziale di adattamento. Nei primi incontri ognuno portava un linguaggio tecnico diverso e la difficoltà era capire quali fossero le priorità, i vincoli e i criteri di valutazione. È stata una fase di ascolto e di aggiustamento reciproco, in cui abbiamo dovuto imparare a spiegare i problemi da prospettive nuove. Con il tempo, però, questo ostacolo iniziale si è trasformato in un valore aggiunto. Un'altra cosa che ho imparato è che molto dipende dalle persone. Quando si lavora con professionisti curiosi, disponibili a mettersi in gioco e a provare cose nuove, anche gli aspetti più complessi diventano gestibili. Collaborare con il CNR, per esempio, non era qualcosa che avrei immaginato prima: non era spontaneo pensare a una sinergia tra la nostra attività chimica e chi si occupa di processi e modellazione. Invece proprio questo incontro ha generato idee, scambi e possibilità che ora stiamo valutando per il futuro. Questa esperienza interdisciplinare ha avuto un impatto che va oltre i risultati ottenuti nel progetto. Ha costruito un modo nuovo di lavorare, più integrato e collaborativo, che ci ha permesso di vedere la nostra ricerca dentro un contesto più ampio. Credo che questa sia una delle eredità più importanti lasciate da Ecosister. È un patrimonio di relazioni, metodo e visione che, secondo me, sarebbe davvero un peccato perdere.

Dopo la fine del progetto Ecosister, come immaginate che potrà proseguire la ricerca?

Trapella: La chiusura di Ecosister apre una fase inevitabilmente diversa, ma non per questo meno promettente. Durante questi tre anni il progetto ha usufruito dei finanziamenti del PNRR, che hanno per-



messo di sviluppare un ecosistema molto ricco di competenze e di avviare ricerche che, senza un sostegno così significativo, difficilmente avrebbero potuto partire. Oggi ci troviamo con un livello di maturità tecnologica molto più alto rispetto all'inizio: siamo partiti da un TRL (*Technology Readiness Level*) molto basso, intorno al 3, e siamo arrivati a un valore che può essere stimato tra 6 e 7. Questo significa che la tecnologia non è più solo un'idea sperimentale, ma ha raggiunto una forma sufficientemente concreta da poter interessare potenziali partner esterni. In prospettiva, le opzioni per proseguire non mancano. Una possibilità è quella di presentare il progetto a bandi regionali, nazionali o europei, sfruttando la rete

di competenze che si è creata all'interno dello Spoke. Ora che esiste una base solida, si può pensare di sviluppare ulteriormente il processo, passando per esempio da reattori da 10 kg a reattori da 100 kg. Uno scale-up di questo tipo renderebbe il progetto ancora più credibile agli occhi delle aziende, perché dimostrerebbe che il processo è replicabile in condizioni più vicine a quelle industriali. Per un'università è però difficile affrontare un percorso di questo tipo da sola, sia per la complessità tecnica sia per i costi. È più realistico immaginare che, in una fase successiva, possano essere coinvolte appunto aziende interessate a investire nella validazione e nello sviluppo di prodotti basati sulle molecole che abbiamo studiato. Durante

Ecosister ci sono stati momenti di confronto con start-up e spin-off interessati alle diverse linee di ricerca. Anche se per ora non si sono tradotti in collaborazioni operative, potrebbero diventare un punto di partenza. Il passaggio verso le fasi regolatorie, infatti, richiede investimenti considerevoli e tempi lunghi.

È vero che la conclusione del progetto porta con sé un po' di incertezza, soprattutto perché la ricerca, in particolare quella che punta ad applicazioni farmaceutiche o nutraceutiche, ha bisogno di continuità e di tempi molto più lunghi dei cicli di finanziamento. Allo stesso tempo, però, il lavoro svolto ha creato le condizioni per dare seguito alla ricerca in modo auto-

mo. Per esempio, con alcuni colleghi del CNR abbiamo già discusso la possibilità di continuare a collaborare indipendentemente dal destino dei prossimi bandi, perché il percorso condiviso durante questi anni ha dimostrato di essere utile per entrambe le parti. Quello che non andrebbe perso è il metodo costruito all'interno di Ecosister: la capacità di lavorare in modo interdisciplinare, di mettere in dialogo ingegneri, chimici, esperti di processo e analisti ambientali, e di farlo con un obiettivo comune. È una delle eredità più importanti del progetto e potrebbe rappresentare un vantaggio competitivo anche nei futuri percorsi di ricerca. Dal nostro punto di vista, oggi esiste una base scientifica solida che può sostenere un'evoluzione futura.



L'utilizzo dei Digital Twin per sviluppare materiali più sostenibili

Intervista a Luca Raimondi

Luca Raimondi è ricercatore di Ingegneria industriale presso l'Università di Bologna e componente dello Spoke 3 di Ecosister.

Nello Spoke 3, qual è stato il vostro ambito di ricerca?

Raimondi: All'interno dello Spoke 3 ci siamo concentrati sul tema dei materiali cosiddetti "green", intendendo con questo non solo materiali a ridotto impatto ambientale, ma soprattutto materiali che potessero essere processati e trasformati secondo criteri di sostenibilità reale e non solo dichiarata. Uno dei primi nodi da affrontare è stato infatti quello della percezione: ciò che dal punto di vista tecnico è sostenibile non sempre viene riconosciuto come tale dall'utente finale, mentre prodotti che appaiono innovativi o "ecologici" spesso non lo sono affatto. Questa distanza tra sostenibilità effettiva e sostenibilità percepita è diventata uno degli assi principali del nostro lavoro.

Dal punto di vista tecnico, il mio contributo si è focalizzato soprattutto sui materiali plastici destinati alla produzione di massa, e in particolare sui materiali compositi. Parliamo di componenti utilizzati in settori estremamente diversi fra loro: dall'automotive di alta gamma,

che in Emilia-Romagna ha una presenza industriale imponente con realtà come Ferrari, Lamborghini, Ducati, Maserati, Dallara e Pagani, fino al mondo nautico e non solo. Un ulteriore sviluppo recente, che conferma la versatilità di questi materiali, riguarda anche l'impiego della fibra di carbonio nella produzione di autobus autonomi destinati agli Stati Uniti, un progetto profilato da Amazon e che dimostra come queste soluzioni stiano entrando in filiere tecnologicamente molto avanzate. La sfida era capire come rendere questi materiali non solo più sostenibili, ma anche realmente idonei ai processi produttivi delle aziende che li utilizzano quotidianamente. Il lavoro all'interno dello Spoke ha quindi messo a sistema competenze ingegneristiche, esigenze industriali e riflessioni sui nuovi materiali, con l'obiettivo di avvicinare soluzioni innovative al loro impiego concreto. Ecosister ci ha permesso di fare questo passo in modo strutturato, portando la ricerca più vicino all'industria e consentendo di valutare come la sostenibilità possa diventare un elemento di competitività reale, senza sacrificare le performance che questi settori richiedono.

Perché il Digital Twin è così centrale nel vostro lavoro e come funziona nel dettaglio?

Raimondi: Il *Digital Twin* è centrale perché permette di sostituire in modo credibile il tradizionale approccio basato su tentativi ed errori, che nelle aziende significa costi elevati, tempi lunghi e una quantità di scarti che oggi non è più sostenibile né economicamente né ambientalmente. La simulazione consente invece di riprodurre virtualmente tutto il processo di trasformazione del materiale, restituendo un modello estremamente vicino a ciò che accade in produzione. Questo diventa un vantaggio enorme soprattutto quando si lavora con materiali che cambiano stato durante la lavorazione, passando da condizioni semi-solidi a liquide, o che richiedono temperature e pressioni specifiche per raggiungere le proprietà finali. Il *Digital Twin* ci permette di rappresentare in modo integrato queste trasformazioni fisiche e chimiche, spesso su scale molto diverse fra loro. È come avere accesso a un processo che nella realtà è completamente chiuso, contenuto in camere sigillate e difficilmente osservabile dall'interno. Attraverso la simulazione possiamo invece seguire ogni passaggio, capire come si muove il materiale, prevedere quali difetti potrebbero presentarsi e individuare le variabili che influenzano maggiormente la qualità del prodotto. È uno strumento che non solo riduce gli scarti, ma cambia il modo in cui si progettano i componenti.

Nel nostro caso abbiamo applicato questo approccio a due famiglie di materiali. La prima è quella dei compositi a fibra corta, un settore in forte espansione anche grazie alla presenza a Modena di uno stabilimento dedicato alla produzione della fibra di carbonio. Avere la materia prima direttamente in regione ci permette di sviluppare modelli molto accurati e immediatamente utili alle aziende del territorio. La seconda famiglia è quella

dei termoplastici, materiali comunissimi ma per i quali non esistevano metodi di simulazione adeguati ai processi reali. Con Ecosister siamo riusciti a colmare anche questo vuoto, integrando modelli predittivi in software utilizzati quotidianamente dalle imprese. Un elemento decisivo è stato il supporto delle aziende che hanno messo a disposizione componenti reali e dati produttivi fondamentali per validare i modelli. Ecosister ha inoltre finanziato gli strumenti necessari per realizzare queste simulazioni avanzate. Insieme, queste condizioni hanno reso possibile un salto di qualità che, senza una collaborazione così stretta tra mondo accademico e mondo industriale, difficilmente sarebbe avvenuto.

La vostra ricerca era già avviata oppure è iniziata all'interno di Ecosister?

Raimondi: La ricerca era già in corso, inoltre come ingegneri ci confrontiamo quotidianamente con le aziende e con le esigenze reali del mercato. Tuttavia, Ecosister ha rappresentato l'occasione per consolidare e approfondire temi che fino a quel momento erano esplorati solo in parte, spesso per mancanza di risorse o di un quadro collaborativo sufficientemente solido. Lavorare in un contesto strutturato ci ha consentito di superare alcuni limiti che finora avevano frenato la crescita del nostro know-how e la possibilità di arrivare a soluzioni pienamente competitive a livello nazionale e internazionale. Uno degli aspetti più significativi riguarda l'aumento del livello di maturità tecnologica. Avevamo già sviluppato modelli e strumenti di progettazione integrata, ma far parte di questo ecosistema ci ha permesso di portarli a un *Technology Readiness Level* (TRL) più elevato, vicino all'utilizzo industriale. Questo anche grazie alle colla-

borazioni nate all'interno dello Spoke e tra diversi Spoke, incluse alcune call che hanno facilitato l'ingresso di partner con competenze complementari alle nostre. Lavorare insieme sullo stesso obiettivo ha creato un ecosistema in cui la ricerca non rimane confinata all'università, ma diventa immediatamente trasferibile alle imprese.

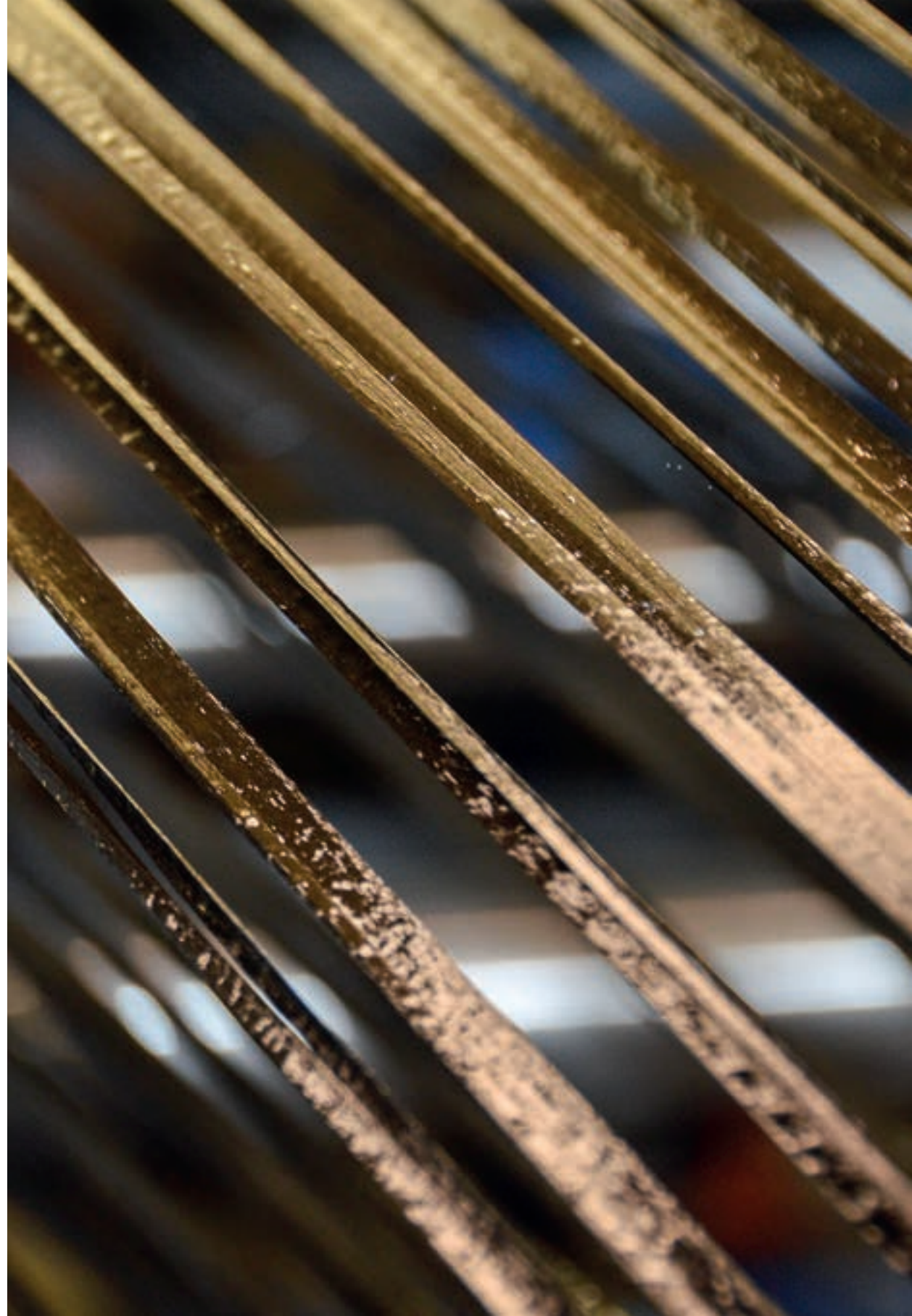
Un caso emblematico è quello del riciclo della fibra di carbonio. Da pochi mesi è operativo a Imola Fib3r, un impianto dedicato al suo recupero, e parte della mia ricerca si è concentrata proprio su come integrare queste fibre rigenerate all'interno di prodotti industriali. Fino a oggi la fibra veniva utilizzata e poi smaltita, spesso incenerita. Ora invece abbiamo nella stessa regione un impianto autosostenibile capace di produrre materia prima praticamente a costo nullo, aprendo una prospettiva completamente nuova per un territorio che ha una storica vocazione alla trasformazione più che alla produzione di materiali. Grazie anche alla collaborazione con lo Spoke 1, siamo ora in grado di valutare e sperimentare l'inserimento di fibre riciclate in prodotti ad alte prestazioni. È un passo decisivo verso un modello industriale più circolare, reso possibile proprio dalla combinazione di ricerca, finanziamento e cooperazione tra attori diversi. Ecosister, da questo punto di vista, ha creato una piattaforma che ha reso possibile affrontare temi che in precedenza non avrebbero trovato spazio o continuità.

Quali prospettive vede per il prosieguo della ricerca e per la sua applicazione nel sistema produttivo?

Raimondi: Guardando ai prossimi anni, il passaggio fondamentale non riguarda tanto la disponibilità dei materiali,

perché oggi abbiamo già una varietà di soluzioni sufficientemente ampia e matura, quanto la capacità di far crescere la consapevolezza attorno al loro utilizzo. L'investimento principale dovrà essere rivolto alla conoscenza: comprendere come funzionano questi materiali, quali vantaggi portano e in che modo possono diventare un valore aggiunto concreto sia per le aziende sia per gli utenti finali. Questo è un punto che spesso si tende a sottovalutare, ma che in realtà incide in modo decisivo sulla possibilità di adottare davvero soluzioni più sostenibili. Sul lato delle imprese è necessario che maturi una maggiore familiarità con il mercato dei materiali riciclati e dei processi che permettono di ridurre gli scarti o di abbattere le emissioni di CO₂. È un mercato già esistente, potenzialmente molto importante, ma deve essere riconosciuto come tale. La nostra regione ha una forte vocazione alla trasformazione dei materiali e proprio per questo può trarre un vantaggio significativo dall'integrazione di materie prime riciclate o da processi più efficienti. Tuttavia, le aziende devono essere messe nelle condizioni di capire che queste scelte non sono semplicemente un costo o un obbligo imposto dall'esterno, bensì un'opportunità competitiva.

Dall'altra parte c'è il tema dell'utente finale, che deve essere accompagnato a riconoscere il valore dei prodotti ottenuti da materiali riciclati o da processi più sostenibili. Il valore aggiunto c'è, e riguarda soprattutto la riduzione dell'impatto ambientale, ma non è immediatamente percepibile come lo è, per esempio, una caratteristica estetica o funzionale. Rendere questa qualità visibile e comprensibile è una parte essenziale del percorso. Per questo serviranno approcci che non siano solo ingegneristici, ma che coinvol-





gano anche la comunicazione, il marketing, forse persino forme di educazione più ampie, perché la sostenibilità deve essere letta e interpretata, non basta dichiararla. Quando parlo di un approccio olistico mi riferisco proprio a questo intreccio di dimensioni diverse, che devono convergere affinché la ricerca produca un effetto reale sul mercato. Non basta che un materiale sia tecnicamente valido o che il processo sia ottimizzato: serve che l'intero sistema, dalla progettazione alla comunicazione, sia capace di valorizzarlo. In questi anni abbiamo iniziato a porre queste basi, ma la continuità del percorso richiederà un lavoro coordinato e costante, nel quale la conoscenza, più ancora della tecnologia, diventerà il vero elemento abilitante.

Guardando complessivamente a Ecosister, che ruolo ha avuto per il vostro lavoro e per il sistema regionale?

Raimondi: Ecosister ha rappresentato un progetto di dimensioni notevoli, capace di inserirsi in un tessuto regionale già molto dinamico ma che aveva bisogno di una struttura coordinata per fare un salto di qualità. La forza del progetto è stata quella di coinvolgere numerosi partner, riunendo competenze accademiche e industriali che spesso lavorano una accanto all'altra senza avere realmente la possibilità di dialogare. Mettere questi attori allo stesso tavolo ha permesso di sviluppare una ricerca che non rimanesse confinata all'università, ma che fosse fin dall'inizio orientata verso applicazioni industriali concrete. Una delle caratteristiche più significative è stata la scelta di lavorare su soluzioni con un livello di maturità tecnologica relativamente alto, quindi non solo ricerca di base ma ricerca vicina alla possibilità di generare ricadute rapide e misurabili. Questo ha reso

il lavoro estremamente stimolante e, al tempo stesso, molto aderente alle necessità delle imprese. Per quanto mi riguarda la ricerca non può considerarsi conclusa, perché si colloca in un contesto in continua evoluzione: cambia il mercato, cambiano i materiali, e cambiano le tecnologie con cui vengono prodotti.

Ecosister ha funzionato come un acceleratore che ci ha permesso di comprendere meglio le esigenze delle aziende e di far capire alle aziende come la ricerca universitaria possa essere un reale alleato nella competizione internazionale. Il vero passaggio decisivo sarà però ciò che accadrà dopo il progetto, che ha creato un terreno fertile, un linguaggio comune e una modalità di collaborazione che non erano scontati. È stato un trampolino di lancio che ha favorito un avvicinamento reciproco tra ricerca e industria, riducendo distanze che per anni hanno limitato la capacità del territorio di valorizzare appieno il proprio potenziale. La continuità di questo percorso dipenderà dalle politiche e dai finanziamenti dei prossimi anni, perché senza un sostegno costante la ricerca non può mantenere il ritmo necessario a restare competitiva. Un aspetto che considero particolarmente virtuoso è che l'intero progetto è stato guidato da esigenze reali delle aziende, non da mode del momento. Questo ha portato a risultati già concretamente utilizzabili e a un dialogo più maturo tra i vari attori del sistema. La collaborazione con le imprese, anche nel mettere a disposizione materiali, componenti e dati, è stata decisiva. È il tipo di approccio che crea innovazione duratura, perché trasforma la ricerca in un processo condiviso che coinvolge l'intero ecosistema produttivo della regione.

Mobilità, città ed energia intelligenti: l'esperienza dello Spoke 4

Intervista a Felice Giuliani

Felice Giuliani è Professore ordinario di Ingegneria civile presso l'Università di Parma e Coordinatore dello Spoke 4 e componente del Comitato per il Trasferimento Tecnologico di Fondazione Ecosister.

Lo Spoke 4 si concentra sulla ricerca applicata e sul trasferimento tecnologico relativi ai servizi e alle infrastrutture fisiche e digitali per la mobilità sostenibile, alle soluzioni edilizie ed energetiche innovative. Come è stato individuato e perché è importante l'oggetto dello Spoke 4? In che modo si inserisce all'interno di Ecosister e, più in generale, di un ecosistema orientato alla transizione ecologica e alla sostenibilità?

Giuliani: Lo Spoke 4 ha voluto affrontare un insieme di tematiche caratterizzanti l'ecosistema territoriale, concentrando sugli ambiti della transizione ecologica applicati alla mobilità urbana e nelle soluzioni edilizie innovative, con particolare attenzione verso i principi di sostenibilità e accessibilità dei luoghi. Un aspetto centrale del nostro lavoro riguarda la resilienza e l'affidabilità delle infrastrutture per la mobilità urbana, a diverse scale, dai trasporti di maggiore rilevanza e intensità alla mobilità agile delle persone, con particolare riguardo agli utenti della strada più deboli. Allo stesso tempo, vogliamo proporre una

riflessione più ampia sull'innovazione e sui sistemi digitali a supporto dei processi di cura degli spazi della socialità e di governance del patrimonio culturale pubblico. Si pone un'attenzione specifica alla partecipazione dei cittadini ad una transizione ecologica e tecnologica che renda le città più intelligenti e studiate, promuovendo un'innovazione responsabile e accessibile a tutti, attenta ai temi della giustizia e dell'ecologia, e capace di coinvolgere i cittadini come parte attiva nelle decisioni.

Sottolineare questi aspetti è importante perché l'ambito laboratoriale dello Spoke 4 è proprio la città come luogo in cui far calare una tecnologia realmente assorbita e apprezzata dalle persone. La destinazione dei nostri prodotti scientifici è orientata in particolare verso le città di medie e piccole dimensioni, che rappresentano l'identità del territorio e dell'ecosistema emiliano-romagnolo. In questo senso, il nostro obiettivo è affiancare la ricerca di alto valore aggiunto e pronta per il trasferimento tecnologico alla cura e all'attenzione verso il cittadino, attraverso la fornitura di prodotti e servizi destinati alle pubbliche amministrazioni.

Rispetto a questo obiettivo, quali sono i sotto-temi che avete trattato? E, dal punto di vista

dell'organizzazione del lavoro e della ricerca, come è stata strutturata la divisione dei compiti e quali profili formativi hanno caratterizzato i ricercatori coinvolti nel progetto?

Giuliani: I ricercatori coinvolti nello Spoke 4 provengono da discipline molto diversificate. Abbiamo matematici e modellisti, ma anche una componente significativa del mondo dell'ingegneria civile, dell'architettura e della pianificazione, che caratterizzano in modo

particolare questo Spoke, più vicine alla pratica applicazione rispetto alla ricerca di base. Nello Spoke 4 trovano spazio anche le discipline applicate alla conoscenza e alla valorizzazione del patrimonio pubblico, come edifici, infrastrutture viarie, spazi urbani, ambiti monumentali. La sfida principale è stata partire dalla conoscenza dei territori mettendo a disposizione, in forma rielaborata e accessibile, una serie di dati e risultati sperimentali utili a chi deve prendere





decisioni sul campo, quindi tipicamente gli enti pubblici. I prodotti realizzati hanno un solido fondamento scientifico, in alcuni casi anche piuttosto avanzato e complesso. Pensiamo, ad esempio, all'uso dell'intelligenza artificiale per la lettura degli scenari urbani, la pianificazione e il miglioramento degli itinerari ciclopeditoni. L'obiettivo, in termini pratici, è offrire strumenti "smart" e facilmente utilizzabili per individuare percorsi urbani più sicuri, accessibili e piacevoli per i cittadini nei loro spostamenti quotidiani. Un'attenzione particolare è stata dedicata proprio alla mobilità ciclabile, anche per la naturale vocazione del territorio regionale, e, più in generale, alle sovrastrutture stradali urbane in pietra, la cui manutenzione tanto incide sui bilanci della spesa pubblica, e che oggi, grazie ad Ecosister, ha più strumenti per elevare la qualità del progetto, aumentare la durabilità e, conseguentemente, la sostenibilità economica.

Sul tema della qualità urbana, della mobilità e della salute, un contributo rilevante dello Spoke 4 è stato lo studio della qualità dell'aria, sia in ambienti outdoor che indoor. All'esterno, la ricerca ha analizzato il microclima urbano attraverso modelli fisici per comprendere il comportamento delle polveri sottili e l'accumulo di sostanze inquinanti nei cosiddetti "canyon urbani" – ovvero le vie strette tra gli edifici – oltre a studiare la formazione delle isole di calore causate dalle superfici pavimentate. Questi fenomeni sono stati analizzati con modelli molto avanzati. Ecosister ha infatti permesso la realizzazione di tunnel del vento e di modelli sperimentali di sistemi urbani investiti da flussi d'aria in presenza di inquinanti, strumenti raramente sviluppati al di fuori di contesti come la Formula 1 o i grandi studi di design industriale. Altre ricerche

hanno riguardato l'ambiente indoor, cioè gli spazi chiusi e abitati. In questo caso, i modelli sviluppati forniscono indicazioni utili per migliorare la qualità dell'aria e controllare la diffusione di agenti indesiderati, con applicazioni dirette, ad esempio, in ambienti ospedalieri o comunitari. Il fine ultimo è duplice: da un lato, la costruzione di modelli fisici e sperimentali complessi, capaci di simulare fenomeni urbani reali; dall'altro, la produzione di dati e strumenti operativi per migliorare la salubrità e la vivibilità degli spazi urbani e incidere positivamente sulle future progettazioni. Matematici, ingegneri e pianificatori, molti giovanissimi e reclutati specificatamente nel progetto Ecosister, hanno lavorato spesso insieme, sviluppando anche modelli di distribuzione del traffico e integrando queste informazioni con osservazioni dirette sulla qualità e l'accessibilità dei percorsi, considerando tutte le tipologie di utenti, anche quelli con difficoltà motorie o sensoriali. Inoltre, sono stati studiati scenari di ottimizzazione per la gestione della mobilità durante grandi eventi urbani, attraverso metodologie di analisi e simulazione delle criticità.

Parlava dell'importanza del dialogo con le pubbliche amministrazioni, tema centrale per lo Spoke 4. In questo senso, che tipo di collaborazione avete instaurato e quali strumenti avete utilizzato per interfacciarvi con le PA? Ci sono state delle criticità?

Giuliani: Gran parte delle iniziative di Ecosister sono nate da una constatazione piuttosto chiara di come, negli ultimi anni, le pubbliche amministrazioni si sono trovate di fronte a enormi opportunità derivate dall'evoluzione tecnologica, basti pensare ai modelli digitali – i *Digital Twin* – delle città quali contenitori straordinari di informazioni, o alla gestione in-

formatizzata dei servizi, degli impianti e del patrimonio pubblico. A fronte di questa grande disponibilità di dati e della numerosità delle competenze, le pubbliche amministrazioni devono gestire quantità di informazioni imponenti con personale limitato e con attitudini diverse rispetto ai processi digitalizzati. Questo, oltre a poter risultare scoraggiante, richiede anche competenze aggiuntive rispetto a quelle che normalmente possiede un amministratore o un tecnico comunale. Lo sforzo delle ricerche di Ecosister è stato anche quello di rendere queste informazioni accessibili e utilizzabili in modo relativamente semplice su piattaforme dialoganti. L'idea è offrire strumenti con un output immediato e intuitivo, costruiti però su basi scientifiche e tecnologiche molto solide. In questo modo, le amministrazioni possono disporre di strumenti conoscitivi ma anche operativi, utili per pianificare attività di manutenzione o per favorire una maggiore fruizione. Grazie a modelli predittivi opportunamente calibrati, è possibile stimare scenari di investimento e individuare le aree prioritarie per allocare le risorse, valorizzare ambiti monumentali o promuovere patrimoni culturali stratificati e poco conosciuti. L'obiettivo è mettere a disposizione delle pubbliche amministrazioni strumenti agili e leggeri, facili da popolare, che non richiedano competenze specialistiche per essere utilizzati, ma che permettano un'immediata comprensione e valorizzazione dei dati relativi a spazi pubblici, servizi, accessibilità, qualità urbana e patrimonio edilizio. Se immaginiamo di ottimizzare i sistemi di gestione del solo patrimonio stradale, arrivando a concepire e realizzare strade sicure di maggiore vita utile, gli impatti positivi sono sempre significativi. A titolo di esempio, la città sede dell'Università per cui lavoro, Parma, rappresentativa dei grandi

comuni della Via Emilia, è ente gestore di una rete di circa 1.000 chilometri: quanti benefici economici e funzionali potrebbe trarre da una miglione tecnica che riduca la frequenza di manutenzione?

Un altro aspetto importante riguarda la sostenibilità nel tempo di queste piattaforme: spesso gli strumenti tecnologici più avanzati risultano difficili da mantenere, perché richiedono risorse e aggiornamenti costanti. Invece, le soluzioni sviluppate dentro Ecosister sono state pensate per essere facilmente gestibili e integrabili con fonti informative diverse, senza costi elevati di manutenzione. Un esempio significativo riguarda la conoscenza e la valorizzazione del patrimonio edilizio e monumentale attraverso tecniche di fotogrammetria stereoscopica e identificazione automatica dei materiali e delle tipologie costruttive. Questi sistemi consentono di interrogare in modo interattivo un modello digitale e ottenere informazioni dettagliate, con semplici operazioni accessibili anche a utenti non esperti, su qualsiasi elemento di un edificio o di un bene pubblico.

Qual è stato, invece, il ruolo del mondo dell'impresa e del settore privato?

Giuliani: Riteniamo, ed è giusto che sia così, che un committente pubblico dotato di una visione ampia e di una efficace capacità di conoscenza e di gestione sia attento alla qualità dei servizi di cui decide di avvalersi. In questo senso, il mondo delle imprese e dei professionisti, in particolare i fornitori di servizi e gli sviluppatori di software, è parte integrante del processo. Le imprese che operano sul patrimonio pubblico, ad esempio, possono trarre vantaggio da queste collaborazioni per perfezionare e aggiornare la propria offerta, adattandola a un contesto che si

muove a una velocità diversa rispetto al mercato tradizionale. Allo stesso tempo, questo approccio consente di mettere i produttori di beni e servizi nelle condizioni di sviluppare soluzioni più personalizzate per i territori, evitando modelli troppo distanti dalla realtà dell'ecosistema regionale. Infatti, le città di piccole e medie dimensioni godono di un'elevata qualità della vita, ma non sempre i modelli importati da contesti internazionali di ambito metropolitano risultano pienamente applicabili. Un esempio significativo riguarda il tema della mobilità urbana non centrato sull'autovettura, proponendo soluzioni per il miglioramento delle vie per il trasporto pubblico, i percorsi ciclabili e pedonali, studiati in termini di stabilità, sicurezza, qualità dell'esperienza e piacevolezza della fruizione.

Le soluzioni che avete sviluppato possono essere replicate in altre città di piccole e medie dimensioni, come quelle su cui avete lavorato, al di fuori dell'Emilia-Romagna? E sono adattabili anche a contesti urbani più grandi?

Giuliani: Gli strumenti che abbiamo elaborato sono certamente replicabili, perché la loro forza risiede nella solidità teorica e tecnologica su cui si basano. I casi di studio sono stati condotti sia su casi puntuali sia su aree urbane più ampie e articolate. Per esempio, a Bologna abbiamo analizzato in modo approfondito il quartiere della Bolognina, considerando diversi aspetti dal monitoraggio delle aree a verde all'efficienza energetica al comfort ambientale, con una raccolta continua dei dati con diverse metodologie. Questa impostazione rende la scalabilità molto più agevole. Lavorare sui territori più piccoli ci ha permesso di comprendere a fondo le esigenze locali e

di associare la tecnologia giusta all'utente fruitore finale. In altre parole, abbiamo scelto di concepire una città che vive per e con il cittadino, vista da Ecosister come laboratorio di innovazione sostenibile.

Come avete dialogato con gli altri Spoke? Prima ha accennato al fatto che ciascuno si è concentrato su tematiche diverse: voi sulla mobilità sostenibile, altri su altri ambiti. Per alcune linee di ricerca avete avuto un'interlocuzione diretta?

Giuliani: Sì, il dialogo con gli altri Spoke è stato diretto, anche per la stessa strutturazione del progetto Ecosister, quale insieme di tasselli di un unico puzzle. Si sono naturalmente create occasioni di collaborazione e di contaminazione tra ambiti di ricerca differenti che si sono verificate anche in seno alle iniziative sviluppate attraverso i bandi a cascata a beneficio delle imprese. In particolare, Spoke 4 ha trovato diversi punti di contatto con Spoke 3, che si occupa dell'organizzazione intelligente dei processi produttivi, e con Spoke 5, dedicato ai temi legati alla sostenibilità ambientale e alla valorizzazione delle risorse naturali, offrendo strumenti e soluzioni che potranno essere sperimentati e applicati anche da chi, come noi, lavora su progetti di pubblica utilità e orientati alla rapida trasferibilità all'utente. Un ruolo trasversale e strategico lo ha avuto poi Spoke 6, più vocato all'analisi dei *Big Data*, che è capace di fornire la potenza di calcolo e gli strumenti analitici necessari per valorizzare e integrare i dati prodotti da tutti gli altri Spoke. In questo senso, il sistema nel suo complesso è stato ben congegnato e ha funzionato in modo coerente e sinergico. Un messaggio importante da sottolineare è che il progetto Ecosister è stato anche una grande palestra dal punto di vista della gestione dei proget-

ti complessi. Si è svolto in un momento storico in cui i requisiti di controllo e di trasparenza, giustamente attesi sia dal Ministero dell'Università e della Ricerca che dalla Commissione Europea, erano particolarmente stringenti. Questo ha richiesto un livello elevato di attenzione nella gestione amministrativa, negli acquisti e nella predisposizione dei bandi, ma ha anche rappresentato un'occasione di crescita significativa per tutti gli addetti ai lavori. Possiamo dire che, dopo tre anni di attività, abbiamo acquisito una competenza molto più solida anche nella gestione economica e amministrativa di progetti scientifici di grande scala, un aspetto spesso poco visibile ma fondamentale per la buona riuscita di iniziative di questa complessità.

Come potrà proseguire la ricerca su questi temi? Cosa auspicate per il dopo Ecosister, in particolare riguardo ai finanziamenti, alla continuità dei progetti e alla valorizzazione delle competenze acquisite?

Giuliani: L'esperienza di Ecosister ha rappresentato un'importante iniezione di risorse economiche e anche un grande stimolo alla collaborazione, grazie soprattutto alle relazioni strette tra le università e i centri di ricerca dell'Emilia-Romagna con Fondazione Ecosister e ART-ER che hanno svolto un ruolo prezioso nella promozione della tecnologia e dell'innovazione a livello regionale. Da un lato, questo percorso ha prodotto un numero significativo di nuove figure qualificate: molti ricercatori e professionisti sono stati contrattualizzati durante i tre anni del progetto, arricchendo il capitale umano a disposizione del sistema regionale della ricerca. Dall'altro, nell'ultimo semestre, dedicato in gran parte alla comunicazione esterna verso gli stakeholder, abbiamo raccolto numerose mani-

festazioni di interesse da parte di enti, aziende e gestori di servizi, che ci consentono di guardare con serenità ed entusiasmo alla prosecuzione di queste attività. Le ricerche potrebbero proseguire anche grazie al coinvolgimento diretto di soggetti privati interessati a collaborare e a sostenere progetti di innovazione applicata. Il metodo di lavoro adottato, che ha integrato discipline di base e professionalizzanti, dall'ingegneria civile a quella dell'informazione e all'architettura, ha permesso di sviluppare prodotti e soluzioni in grado di rispondere alle esigenze specifiche del mondo produttivo e delle amministrazioni pubbliche.

Non vogliamo che l'esperienza di Ecosister si chiuda con il termine formale del progetto. Al contrario, intendiamo proseguire le collaborazioni tra le università e i centri di ricerca della regione, che hanno dimostrato di saper superare la logica della concorrenza per costruire un sistema di ricerca integrato, basato su comunicazione efficace, complementarità e scambio di competenze. Da queste collaborazioni è emersa una rete solida, capace di valorizzare le specificità di ciascun gruppo di ricerca e di generare benefici condivisi. In questo senso, riteniamo che Ecosister non debba essere solo un progetto, ma una vera e propria "etichetta", un sigillo di garanzia, un contenitore di buone pratiche di ricerca applicata con valori positivi, ormai riconosciuto nell'ecosistema regionale. L'obiettivo è dunque quello di mantenere vivo questo metodo di lavoro, che ha funzionato sia per i risultati raggiunti sia per il modello di relazione e collaborazione che ha saputo creare. È qualcosa che vogliamo portare avanti perché ha dimostrato di essere utile, concreto e capace di produrre valore duraturo per la ricerca e per il territorio.



Mappare l'innovazione sostenibile in Emilia-Romagna Intervista a Massimiliano Mazzanti

Massimiliano Mazzanti è Professore ordinario di Politica economica e Delegato per il PNRR presso l'Università di Ferrara e Consigliere con delega al coordinamento dell'International Advisory Board di Ecosister.

Nell'ambito di questo progetto, composto da diverse figure professionali, qual è stato il suo ruolo e come si è sviluppato il suo lavoro di economista all'interno degli Spoke?

Mazzanti: Il mio contributo concreto al PNRR, in aggiunta al mio ruolo come delegato dell'Università degli Studi di Ferrara, si lega soprattutto alla mia formazione di economista che si occupa da anni di ambiente, cultura, innovazione e, più in generale, di politiche pubbliche in campo ambientale. Mi interessa in particolare capire come le dinamiche innovative, siano esse tecnologiche, organizzative e anche legate alle risorse umane, si sviluppano all'interno delle imprese e come coinvolgono consumatori e cittadini. In Ecosister ho lavorato sia nello Spoke 4 sia nello Spoke 5. All'interno dello Spoke 5, che riunisce un insieme ampio di scienziati sociali, avevo come obiettivo principale quello di esaminare le dinamiche innovative delle imprese della regione nel campo dell'economia circolare e della green economy. L'idea era cercare

di cogliere la sinergia tra la dimensione "green" e quella "social", perché una parte importante della transizione ecologica riguarda proprio i comportamenti, le organizzazioni, il modo in cui le imprese e le comunità si trasformano. Accanto al lavoro concettuale, il risultato più rilevante è stato la progettazione e la realizzazione di una *innovation survey*: un'indagine strutturata sulle imprese, pensata per catturare dinamiche che normalmente non sono visibili nei dati amministrativi o statistici.

L'innovazione, infatti, non è osservabile dall'esterno: non possiamo "entrare" nell'impresa come non possiamo entrare nella testa degli elettori. Per sapere se un'impresa ha investito in riduzione della CO₂, in nuove competenze o in processi organizzativi più sostenibili, dobbiamo chiederlo direttamente tramite un questionario. Questa raccolta dati ci ha permesso di costruire una serie di mappe territoriali dell'innovazione ambientale e sociale in Emilia-Romagna. Le mappe, in particolare, sono strumenti estremamente potenti: intuitive da leggere, utili per generare nuove domande e spesso sorprendenti. Questo perché rendono visibili fenomeni che, senza una rappresentazione geografica, rimarrebbero astratti.

Ad esempio, nel caso dell'Emilia-Romagna, mostrano non solo la naturale concentrazione innovativa lungo la Via Emilia e nell'area metropolitana bolognese (realtà già note per il loro dinamismo tecnologico) ma anche la presenza di "picchi" imprevisi in zone considerate più fragili o periferiche: l'Appennino, alcune aree della Romagna, la provincia di Ferrara. Questo risultato va contro l'idea, un po' stereotipata, di una regione rigidamente divisa tra aree innovative e aree non innovative. Questo significa che la transizione green e social non si sviluppa in modo lineare né si limita ai luoghi tradizionalmente più industrializzati. È un messaggio positivo perché indica che la transizione ecologica non si limita a rafforzare ciò che già esiste, ma può aprire spazi nuovi, creare opportunità e coinvolgere anche attori e territori che non rientrano nelle traiettorie industriali più consolidate.

Quanto è stato importante il coordinamento tra discipline e istituzioni, e che cosa ha funzionato in questa collaborazione?

Mazzanti: Uno degli aspetti più rilevanti, e forse anche più sottovalutati all'inizio, è stato il modo in cui il PNRR ci ha letteralmente "costretti" a uscire dalle nostre comfort zone, sia disciplinari sia territoriali. Non si trattava di una semplice scelta, ma di un requisito strutturale: un progetto non poteva essere finanziato se non coinvolgeva tutti i partner del territorio e se ogni ateneo o istituzione non aveva un ruolo chiaro e un pezzo di responsabilità (Task, Deliverable). Questa impostazione ha portato a tre anni di lavoro particolarmente intensi. Si è creata una dinamica collaborativa che non si esaurirà con la fine formale del progetto, ma che si sta già orientando verso nuove fonti di finanziamento, in particolare eu-

ropee. È stata una delle occasioni in cui ci siamo trovati a lavorare tutti insieme su attività realmente condivise, conoscendo persone nuove, mettendo in relazione competenze che normalmente non avrebbero avuto occasione di dialogare e sperimentando connessioni anche molto diverse tra loro. Alcune di queste sinergie hanno funzionato bene, altre meno, ed è assolutamente fisiologico: provare significa anche accettare che non tutto vada alla perfezione. Un esempio concreto è proprio l'indagine a cui accennavo prima, progettata e realizzata con la partecipazione di tante realtà, dalle varie università coinvolte. Forse il risultato più significativo, anche se è meno visibile rispetto ai Deliverable formali, è che oggi dipartimenti e atenei che prima non si conoscevano, o che si conoscevano solo superficialmente, hanno finalmente un'idea chiara di cosa fanno gli altri. E questo, nelle organizzazioni complesse, non è affatto scontato. Ecosister ha creato una sorta di "mappa" delle competenze presenti nella regione, che oggi può essere utilizzata per costruire nuove collaborazioni in modo più consapevole.

Su quali settori vi siete concentrati e quali ricerche specifiche avete svolto negli Spoke 4 e 5?

Mazzanti: Ecosister, nella sua struttura complessiva, ha toccato praticamente tutti i settori dell'economia regionale: dalla manifattura ai servizi, dal turismo alle imprese cooperative, attraverso analisi dei comparti più tradizionali e di quelli emergenti. Il progetto è stato pensato fin dall'inizio in modo olistico, proprio perché la transizione ecologica e digitale non può essere confinata in un singolo ambito produttivo, ma richiede un approccio capace di attraversare l'intero sistema economico e sociale. Lo Spoke 5, per quanto riguarda la componente più

direttamente orientata all'innovazione, si è concentrato in particolare sulla manifattura. Le ragioni sono sostanzialmente due. La prima è che la manifattura rappresenta uno dei pilastri dell'identità economica dell'Emilia-Romagna, così come del Veneto e della Lombardia: è un settore che definisce il tessuto produttivo del Nord Italia. La seconda ragione è che, proprio per la sua natura, la manifattura è al tempo stesso uno dei comparti più inquinanti e uno dei più orientati a innovare. Prendiamo l'esempio dell'acciaieria, che nell'immaginario collettivo

è associata a emissioni e impatti ambientali pesanti: oggi, grazie ai progressi tecnologici e organizzativi, un'acciaieria può ridurre drasticamente le emissioni e la produzione di rifiuti, pur rimanendo un impianto industriale complesso. È un settore dove il potenziale di trasformazione è altissimo e dove l'innovazione non riguarda solo la tecnologia, ma anche la struttura organizzativa, la gestione interna, le competenze delle persone.

Lo Spoke 4, dal canto suo, ha compiuto un ulteriore passo verso un'interdiscipli-

narietà molto marcata, mettendo insieme economisti, architetti, psicologi, studiosi di scienze umanistiche e altre figure che abitualmente non lavorano in modo così integrato. Questo ha consentito di affrontare temi complessi con uno sguardo davvero multidimensionale. Un primo caso riguarda il pedibus, una pratica di mobilità sostenibile che non è nuova, ma che in Italia è stata poco studiata in modo sistematico. Questo fenomeno l'abbiamo analizzato sotto diversi profili: non solo quello economico, che pure è importante, ma anche quello relazionale, psicologico e logistico. È emerso che gli incentivi monetari, che spesso vengono considerati lo strumento principale per modificare i comportamenti, contano meno di altri elementi più intangibili, come la fiducia nelle istituzioni, nella comunità e nel funzionamento del servizio. In altre parole, la sostenibilità dipende molto dalla dimensione sociale della partecipazione. Un secondo filone di ricerca ha riguardato la sostenibilità dei festival, un tema molto rilevante in Emilia-Romagna, una regione con una tradizione musicale radicata e una presenza significativa di eventi di grande richiamo. Abbiamo studiato gli impatti ambientali complessivi dei festival, analizzando i trasporti, i consumi energetici, la produzione di rifiuti, l'inquinamento acustico e soprattutto i comportamenti del pubblico. Anche in questo caso, la sostenibilità non è solo una questione tecnica, ma coinvolge aspetti culturali, ambientali ed economici che interagiscono tra loro. Per esempio, le scelte del pubblico, come arrivare all'evento, come consumare, come gestire i rifiuti, dipendono tanto da sensibilità individuali quanto dalle condizioni logistiche offerte dagli organizzatori.

L'obiettivo comune di tutti questi lavori, sia nello Spoke 4 sia nello Spoke 5, è sta-

to quello di tenere insieme la dimensione monetaria e quella non monetaria del benessere. Le politiche ambientali, l'innovazione sostenibile, la trasformazione dei comportamenti non possono essere comprese solo attraverso indicatori economici, ma è necessario considerare anche la cultura, la percezione, le abitudini, le relazioni sociali. È proprio in questo intreccio che si gioca la riuscita della transizione ecologica.

Quali sono state le difficoltà principali e quali competenze sono risultate più importanti?

Mazzanti: La difficoltà principale credo sia stata quella di dover gestire un'enorme quantità di fondi concentrati in un arco di tempo molto breve in un Paese che per anni ha operato in condizioni di sottofinanziamento. Per lungo tempo la ricerca italiana ha avuto risorse estremamente limitate e arrivare di colpo a gestire progetti di questa scala ha rappresentato una sfida nuova, per la quale non avevamo un'esperienza amministrativa né gestionale adeguata. Ecosister, nel suo complesso, vale 110 milioni di euro. Ogni Spoke aveva a disposizione l'equivalente di un progetto europeo di medio-grandi dimensioni, con la differenza che qui tutto doveva essere realizzato nell'arco di tre anni. La macchina amministrativa italiana, a tutti i livelli, non era abituata a operare con questa rapidità e con questa complessità: dalla rendicontazione alla gestione degli acquisti, dalle procedure interne al coordinamento con le istituzioni, tutto ha richiesto uno sforzo enorme di adattamento. Dal punto di vista dei ricercatori e del team degli amministrativi, però, questo ha rappresentato una straordinaria occasione formativa. In tre anni molti di loro hanno acquisito competenze molto avanzate nella gestione



dei progetti, nell'organizzazione del lavoro interdisciplinare, nella rendicontazione, nell'analisi e nella costruzione dei Deliverable. Si è formata, in pratica, una nuova generazione di research manager, amministrativi e giovani studiosi che ora possiede competenze spendibili ben oltre Ecosister, che saranno essenziali per la ricerca italiana nei prossimi anni.

Quanto alle competenze necessarie per affrontare la transizione green, l'esperienza ci ha mostrato che sono state decisive diverse dimensioni. Una prima riguarda la relazione con il mondo delle imprese. Una parte significativa delle risorse è stata destinata ai bandi a cascata rivolti alle imprese, soprattutto del Sud. Le imprese hanno dovuto imparare a partecipare a bandi pubblici complessi e molto rapidi, diversi da quelli a cui erano abituate. Questo ha rappresentato una sfida anche per loro e le ha costrette a un vero e proprio salto di qualità nelle competenze amministrative e progettuali. Un'altra dimensione centrale è stata la capacità di lavorare in modo realmente interdisciplinare. Come sottolineavo, la sostenibilità non è mai solo una questione tecnologica: è psicologia, economia, organizzazione, cultura, comportamento. Se pensiamo al car sharing (elettrico), ad esempio, la tecnologia del veicolo elettrico è solo una delle componenti. Contano anche il costo del servizio, la fiducia nel sistema, la disponibilità di parcheggi, la propensione culturale a rinunciare alla proprietà dell'auto. Sono aspetti che riguardano il modo in cui le persone vivono la mobilità e che non si possono affrontare con competenze verticali.

Infine, un ruolo fondamentale lo ha avuto, e lo avrà sempre di più, la comunicazione. È un aspetto che spesso viene sottovalutato, ma molte politiche

ambientali funzionano solo se vengono spiegate bene, se vengono raccontate in modo convincente e se riescono a produrre un cambiamento culturale. Da economista, sono convinto che la transizione ecologica abbia bisogno anche di capacità comunicative, di linguaggi nuovi e di strumenti che rendano "desiderabile" il cambiamento. Se qualcosa diventa socialmente riconosciuto, se diventa parte di una cultura condivisa o addirittura di un immaginario "cool", la sua adozione accelera. Gli studenti e i professionisti della comunicazione, talvolta criticati, saranno invece sempre più importanti per rendere efficaci le politiche di sostenibilità.

Rispetto al proseguire della ricerca e di questo cambiamento che abbiamo delineato, quali prospettive vede per il futuro di Ecosister e per l'ecosistema regionale?

Mazzanti: Per quanto riguarda il futuro di Ecosister, l'intenzione condivisa dagli atenei e dalla Regione è quella di mantenere attiva la piattaforma anche nei prossimi tre anni. Naturalmente non ci si può aspettare di replicare i livelli di investimento garantiti dal PNRR: le risorse straordinarie che abbiamo avuto – parliamo di cifre davvero ingenti, quasi 40 milioni all'anno – sono state eccezionali e, per definizione, non ripetibili in modo continuativo. Tuttavia, l'obiettivo è costruire su ciò che è stato avviato, utilizzando Ecosister come base per ottenere nuovi finanziamenti, soprattutto attraverso programmi europei. Molti dei percorsi di ricerca intrapresi in questi tre anni sono agli inizi e non si possono considerare conclusi. In molti casi disponiamo dei primi risultati, delle prime analisi e delle prime mappe, ma servono altri cicli di osservazione per poter costruire serie storiche, ampliare le indagini e confermare



le tendenze che abbiamo individuato. Per questo motivo, la continuità è essenziale per esplorare gli aspetti emersi e sviluppare nuovi progetti che oggi sono solo in embrione.

Un punto importante poi riguarda il patrimonio di competenze che Ecosister ha contribuito a creare. Al di là dei ricercatori e dei dottorandi, molti dei quali sono stati assunti o coinvolti proprio grazie al progetto, come dicevo c'è stata un'enorme crescita nei profili amministrativi e nei research manager. È un aspetto che spesso passa in secondo piano, ma senza figure capaci di gestire bandi complessi, procedure, acquisti, rendicontazioni e relazioni con più partner, nessun progetto di ricerca di queste dimensioni sarebbe possibile. Questi profili, sia scientifici sia amministrativi, saranno determinanti per intercettare nuove risorse e per assicurare continuità al lavoro svolto. E non si tratta solo di un patrimonio degli atenei, ma di una risorsa per l'intero sistema regionale: la Regione Emilia-Romagna, insieme agli enti locali e alle altre istituzioni coinvolte, potrà contare su persone che hanno acquisito esperienza diretta nella gestione di progetti complessi e interdisciplinari, esperienza che potrà essere utilizzata in nuovi contesti. La prospettiva, quindi, è quella di continuare a far crescere le competenze e di orientarle verso nuovi progetti di ricerca, nuove opportunità europee, nuove sinergie tra università, imprese e territorio. Il vero valore di Ecosister, al di là dei risultati specifici, è aver creato una struttura di competenze, relazioni e conoscenze che ora può vivere anche oltre il PNRR. In altre parole, si tratta di trasformare un progetto straordinario, nato in condizioni eccezionali, in un punto di partenza stabile per la ricerca regionale e per la transizione ecologica e digitale dei prossimi anni.

Monitoraggio e miglioramento della qualità dell'aria

Intervista a Sandro Longo

Sandro Longo è Professore ordinario di Idraulica presso l'Università degli Studi di Parma e componente dello Spoke 4 di Ecosister.

Lei si è occupato di una parte di ricerca concentrata sulla qualità dell'aria all'interno del Work Package 4 dello Spoke 4. In che cosa è consistito il vostro lavoro e come si è sviluppato?

Longo: All'interno dello Spoke 4, ci siamo concentrati sulla qualità dell'aria negli ambienti interni ed esterni. Ricordo che Felice Giuliani, il leader dello Spoke, mi contattò a suo tempo per chiedermi se fossimo interessati a partecipare al progetto. Accettammo subito con entusiasmo: aderire al PNRR rappresentava una sfida molto stimolante. Personalmente, mi occupo di idraulica, di meccanica dei fluidi e, più di recente, anche di aerodinamica, ambiti che si rivelano particolarmente rilevanti per questa ricerca. Infatti, avevamo già affrontato i "temi dell'aria" in passato, dal punto di vista sperimentale, in un laboratorio a Granada, in Spagna. A distanza di anni, posso affermare che aver avuto accesso a una galleria del vento presso quella stessa istituzione, e averlo tuttora, è stato un vantaggio enorme. L'obiettivo del pro-

getto era valutare e monitorare la qualità dell'aria in ambiente urbano, ma anche indoor, quindi negli spazi domestici e, più in generale, in luoghi pubblici come teatri, ospedali e sale operatorie. In quel periodo, questi ambienti erano di particolare interesse a causa della pandemia che ci ha costretti a riflettere sull'incidenza dei flussi d'aria sulla diffusione dei virus e dei microrganismi in generale. Un esempio emblematico è l'effetto collaterale delle malattie contratte dai pazienti durante le cure, che negli ospedali è ancora oggi una causa importante di mortalità. Ciò può dipendere, da un lato, da una mancata osservanza dei protocolli da parte degli operatori e, dall'altro, dal fatto che gli ospedali, inevitabilmente, diventano luoghi di concentrazione del rischio. In questo contesto, il progetto si è inizialmente articolato su due linee di ricerca principali, a cui in seguito se n'è aggiunta una terza.

In che modo vi siete occupati di analizzare la qualità dell'aria in ambiente urbano?

Longo: Una di queste tre linee di ricerca riguardava appunto lo studio della qualità dell'aria in ambito urbano. Insieme al mio collega e collaboratore Luca Chiapponi, decidemmo che il primo passo



della nostra ricerca sarebbe stato la realizzazione di un tunnel del vento. Nel nostro laboratorio di idraulica avevamo già a disposizione le canalette per i flussi d'acqua, strumenti classici del settore, ma non avevamo mai preso in considerazione l'idea di utilizzare un tunnel del vento, un dispositivo sperimentale tipicamente associato ai laboratori di ingegneria meccanica e aeronautica piuttosto che a quelli di ingegneria civile. Tuttavia, da qualche decennio, il tunnel del vento non viene più utilizzato solo per testare le automobili di Formula 1 o per verificare l'aerodinamica e la stabilità delle vetture. È diventato anche uno strumento per studi e ricerche ambientali di dimensioni maggiori rispetto a quelle tradizionali, all'interno del quale è possibile riprodurre lo strato limite atmosferico, ovvero le condizioni in cui l'aria si muove in prossimità del suolo in presenza di venti e gradienti di pressione. Chiunque sia stato a Trieste in una giornata di Bora sa bene quanto sia importante mitigare gli effetti del vento per garantire la sicurezza. Lo stesso vale, in fondo, per l'acqua: i canali e le opere in alveo, come le pile dei ponti, devono essere progettati per ridurre al minimo gli effetti dannosi dei flussi, perché ogni ostacolo in un fiume crea inevitabilmente una perturbazione della corrente e dell'alveo. Per quanto riguarda l'aria, invece, la geometria degli edifici, l'ampiezza dei viali, la presenza di alberi e persino di elementi urbani come i lampioni sono tutti fattori che influenzano il moto dell'aria, a volte con effetti benefici e a volte no. Con effetti benefici, per esempio, quando interrompono i cosiddetti "canyon urbani", ovvero quei corridoi formati da edifici alti e allineati in cui gli inquinanti e i gas tendono a ristagnare. In assenza di ricircolo, infatti, l'aria non si rinnova e la qualità ambientale peggiora. Al contrario, una disposizione

urbana più articolata, con piazze, slarghi e spazi aperti, può favorire la formazione di vortici che "lavano" l'atmosfera urbana, migliorando la qualità dell'aria. Tutto questo, naturalmente, deve essere verificato sperimentalmente e per farlo è necessario ricreare in scala le suddette condizioni. Non sfuggirà a nessuno che nelle città, una delle principali cause della chiusura al traffico veicolare è l'elevata concentrazione di particolato, favorita da particolari condizioni meteorologiche. Nel progetto Spoke 4 di Ecosister abbiamo quindi realizzato un tunnel del vento che ci ha permesso, e ci permetterà ancora di più in futuro, di condurre una serie di indagini in tal senso. L'obiettivo delle nostre indagini è anche quello di fornire indicazioni pratiche agli architetti e agli ingegneri che, spesso, si sentono liberi di scegliere forme e geometrie irregolari o squadrate senza considerare gli effetti aerodinamici che possono risultare negativi. Un altro tema fondamentale che non abbiamo avuto il tempo di approfondire in questi tre anni è quello delle cosiddette "isole di calore", che sarebbe utile studiare per comprendere le notevoli differenze tra una città ricca di alberi e una povera. Per esempio, d'estate, chi può si rifugia in campagna, dove la presenza di alberi garantisce un naturale raffrescamento, o al mare, che con la sua massa d'acqua regola la temperatura. Il clima mediterraneo, infatti, è temperato proprio grazie alla capacità termoregolatrice del mare, e le piante svolgono una funzione analoga nelle aree urbane. Ridurre anche solo di pochi gradi la temperatura nelle zone più calde di una città significa migliorare sensibilmente la qualità della vita sotto diversi aspetti, e gli strumenti a disposizione sono la desigillatura degli spazi urbani e l'uso di pavimentazioni chiare o parzialmente permeabili. Questo tema sarà probabilmente parte delle nostre

attività future, ma per il momento non è stato ancora affrontato nel dettaglio.

Un'altra linea di ricerca, come diceva, riguarda invece la qualità dell'aria negli ambienti interni. Ce ne può parlare più nel dettaglio?

Longo: Sì, questa seconda linea di ricerca ha visto come protagonista un dottorando, Nicolò Merli, che ha dedicato la sua tesi di dottorato proprio alla qualità dell'aria indoor. I primi studi di questo tipo risalgono a qualche decennio fa presso l'Università di Cambridge, dove si cominciò a valutare l'efficacia della ventilazione per il ricambio dell'aria negli ambienti normalmente chiusi. Sappiamo infatti che gli ambienti chiusi devono garantire un numero minimo di ricambi d'aria all'ora per mantenere condizioni di salubrità adeguate. In passato, quando gli infissi non erano dotati di guarnizioni, il ricambio d'aria avveniva naturalmente. Oggi, invece, con i serramenti a tenuta stagna, l'aria non circola più e per questo motivo è necessario arieggiare periodicamente gli ambienti. L'aria interna dovrebbe essere rinnovata, se possibile, in modo naturale, senza ricorrere alla ventilazione meccanica o a interventi periodici. Ma perché è così importante? Il ricambio d'aria serve a eliminare le sostanze nocive, talvolta emesse anche dagli arredi e dalle finiture. Esistono molte soluzioni possibili che dovrebbero essere adottate almeno negli ambienti pubblici come teatri e ospedali, ma il problema è ancora spesso sottovalutato.

Come si è svolta concretamente la sperimentazione su questo tema?

Longo: Fondamentalmente, si è trattato di un approccio concettuale, con l'ausilio della modellistica fisica. A Cambridge,

per esempio, venne adottato un approccio molto ingegnoso. Poiché l'aria calda è difficile da osservare e colorare, fu utilizzato un modello fisico "ribaltato", in scala geometrica ridotta, in cui l'aria fresca era sostituita dall'acqua. Immergendo completamente il modello in acqua anziché in aria fresca e iniettando glicerina (che ha una densità di circa 1,2 volte quella dell'acqua) anziché aria calda, si simulava il comportamento dell'aria calda ascendente: la glicerina, più densa, scendeva verso il basso. Invertendo il modello, si otteneva l'equivalente del moto ascendente dell'aria calda. In questo modo, osservando la glicerina colorata, era possibile visualizzare chiaramente i flussi, rallentati e resi misurabili con grande precisione grazie alla scelta oculata dei fluidi e degli strumenti di misura. Sulla base di queste indicazioni, il dottor Merli ha realizzato una doppia serie di esperimenti: ha costruito due stanze in scala 1:15, separate da una porta, e ha inserito un piccolo manichino mobile che attraversa la soglia di comunicazione tra le due stanze con una velocità nota. L'obiettivo era studiare l'effetto di "pompaggio" dell'aria prodotto dal movimento delle persone: ogni spostamento umano, infatti, genera un rimescolamento dell'aria. In ambienti come i corridoi degli ospedali, dove il passaggio di persone e carrelli è continuo, questo effetto non è affatto trascurabile. Nel modello fisico, una stanza contiene acqua colorata e l'altra acqua pura e trasparente. Il manichino, muovendosi da una stanza all'altra, genera una scia turbolenta simile a quella delle automobili in corsa, spostando una certa quantità di acqua e trascinandola da una stanza all'altra. Per quantificare i flussi, le misure delle velocità dell'acqua nella scia sono state inizialmente effettuate con profilometri a ultrasuoni, il cui funzionamento è ana-

logo a quello dei radar. In seguito, grazie alla disponibilità di ulteriori risorse del PNRR, sono state effettuate misurazioni con un sistema di *Particle Image Velocimetry* (PIV): particelle traccianti e neutre in acqua, illuminate da un laser e riprese da una videocamera, che hanno permesso di ricostruire con grande dettaglio spaziale e temporale il campo di moto e le portate in gioco. Altri esperimenti hanno riguardato ambienti in leggera depressione, come i laboratori chimici o le sale operatorie, in cui è preferibile che l'aria entri dall'esterno anziché fluire verso l'esterno, per evitare la fuoriuscita di sostanze gassose inquinanti e pericolose o di microorganismi. È stata quindi simulata anche questa condizione, pompando e aspirando l'acqua da lati opposti delle stanze del modello per analizzare come la differenza di pressione modifichi i flussi. In una seconda fase, una parte della sperimentazione è stata trasferita a Granada, dove è disponibile un tunnel del vento di dimensioni maggiori rispetto al nostro. In questo luogo sono stati condotti test sulla configurazione delle aperture verso l'esterno, come finestre e porte, per valutare come il ricircolo interno cambi a seconda dell'angolo d'attacco del vento. Per visualizzare il flusso sono stati utilizzati anche dei *tuft*, piccoli filamenti di seta o di lana applicati alle superfici, simili a quelli che si vedono sul bordo delle ali degli aerei e utilizzati per stimare la stabilità dei flussi nello strato limite. Sia io che il relatore della tesi, Luca Chiapponi, siamo molto soddisfatti del lavoro di Nicolò, della sua dedizione e del fatto che sia riuscito a raggiungere pienamente gli obiettivi prefissati. Tale attività è stata supportata da Fabio Addona, ricercatore a tempo determinato di tipo A finanziato dal PNRR, che ha messo a disposizione le sue competenze e le sue capacità sperimentali maturate in Italia e all'estero.

Oltre alle due linee di ricerca principali, avete partecipato anche a una call interna, che è la terza linea di ricerca di cui parlava all'inizio. Di cosa si trattava esattamente?

Longo: Sì, oltre alle due attività principali dello Spoke 4, abbiamo partecipato con successo a un bando per una call interna con un progetto dall'acronimo ARIA, un acronimo volutamente evocativo, vista la tematica trattata. Questa call era riservata ai partner già coinvolti nel programma Ecosister e mirava a favorire la collaborazione tra gli Spoke, mettendo in comune le rispettive competenze per sviluppare nuovi progetti interdisciplinari. In totale sono stati finanziati 19 progetti e il nostro è stato l'unico a coinvolgere lo Spoke 4 in collaborazione con lo Spoke 1. Il bando prevedeva che almeno il 40% del progetto coinvolgesse una struttura del Sud Italia; nel nostro caso, l'Istituto per i Polimeri, i Compositi e i Biomateriali del Consiglio Nazionale delle Ricerche (IPCB-CNR) di Napoli, che si occupa di polimeri, nella figura di Letizia Verdolotti quale Principal Investigator. L'obiettivo del progetto ARIA era verificare la possibilità di ridurre le emissioni odorose durante la produzione e la stesura dei conglomerati bituminosi. Si tratta di un problema tutt'altro che trascurabile, perché gli odori sgradevoli sono sintomo della presenza di sostanze pericolose, alcune delle quali riconosciute come cancerogene. I risultati dell'attività di ricerca nel progetto ARIA, che abbiamo già presentato, sono molto promettenti: modificando il filler utilizzato nel conglomerato, è possibile ridurre sensibilmente tali emissioni.

In che cosa consisteva esattamente, in questo caso, la sperimentazione?

Longo: Il conglomerato bituminoso è una miscela complessa costituita da bi-

tume, aggregati lapidei di diversa granulometria (sabbia, graniglie, ecc.) e filler, ovvero la parte più fine del materiale, ossia le particelle inferiori ai 70 micron. Questo filler viene in parte autoprodotta all'interno degli impianti di trasporto e setacciatura degli aggregati lapidei e viene abbattuto attraverso specifici filtri in tessuto per poter essere stoccato in grandi quantità e, in parte, integrato con apporti esterni all'impianto. In questo progetto, però, abbiamo sperimentato la sostituzione del filler tradizionale con la diatomite, una roccia silicea di origine sedimentaria proposta dai colleghi del CNR di Napoli. I test hanno mostrato che la diatomite non solo riduce le componenti odorose e cancerogene, ma anche il particolato atmosferico, con un effetto complessivamente positivo. I primi risultati sono stati presentati a Ecomondo, alla Fiera di Rimini lo scorso 4 novembre.

E quale ruolo ha avuto l'Università di Parma nel progetto?

Longo: L'Università di Parma ha contribuito alla ricerca mettendo a disposizione il tunnel del vento per simulare le condizioni reali durante la produzione, il trasporto e la stesura del conglomerato bituminoso. È infatti molto diverso testare un impianto a cielo aperto con o senza vento: il vento, pur non abbattendo le sostanze, ne favorisce la dispersione e riduce localmente le concentrazioni, migliorando la qualità dell'aria nell'immediato. All'interno dello Spoke 1, il collega Enrico Dalcanale, afferente al Dipartimento SCVSA dell'Ateneo, esperto in sensori ambientali, ha messo a disposizione dei dispositivi di misura, alcuni dei quali da lui stesso in parte progettati, oggi in produzione presso aziende specializzate. Questi sensori hanno permesso di effettuare misurazioni in tempo reale durante



la produzione dei conglomerati. Abbiamo anche lavorato sul campo, presso un impianto della provincia di Benevento, la LA.BIT srl di Ponte, dove è stata effettuata una produzione specifica con il nuovo filler a base di diatomite. Le misure dovevano essere eseguite in tempo reale e per questo motivo erano necessari strumenti leggeri, portatili e con tempi di risposta molto brevi. La sensoristica sviluppata dal collega Dalcanale e magistralmente utilizzata dalla dottoressa Ottavia Maiocco, borsista finanziata dal progetto ARIA e ora dottoranda di ricerca, si è rivelata adeguata per questo scopo. Questo tipo di monitoraggio elettronico rappresenta il futuro: oggi è possibile misurare in tempo reale la temperatura, la velocità e l'umidità dell'aria, ma per misurare la concentrazione di numerose sostanze chimiche nell'aria sono ancora necessarie analisi di laboratorio con tempi di risposta piuttosto lunghi. L'obiettivo è realizzare una rete di sensori in grado di rilevare e trasmettere in tempo reale il maggior numero possibile di dati sulle sostanze chimiche, migliorando così il controllo ambientale e industriale. Siamo

stati fortunati a poter collaborare con un produttore di conglomerati bituminosi che ha accettato di fermare temporaneamente gli impianti per consentirci di intervenire sulla linea di produzione e installare la nostra linea sperimentale, nonché di condurre tutti i test previsti. E siamo stati fortunati a poter contare sulla collaborazione per il progetto ARIA del Laboratorio di Materiali Stradali dell'Università di Parma con Felice Giuliani e Federico Autelitano, e del Laboratorio di Strade "Luigi Tocchetti" dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II" con Francesca Russo e Nunzio Viscione.

Rispetto al trasferimento tecnologico, a che punto di maturità di trova il progetto?

Longo: Il progetto mirava a far progredire la tecnologia dal livello di maturità tecnologica 5 al 7, passando da un livello sperimentale medio a uno pre-industriale. Si tratta di un passo che può sembrare piccolo, ma che richiede un grande impegno dal punto di vista tecnico e organizzativo. Siamo convinti di aver raggiunto pienamente l'obiettivo grazie ai test condotti

sul campo. Mancano ancora gli ultimi due livelli per arrivare alla piena applicazione produttiva, ma si tratta soprattutto di affrontare problematiche legate a normative e certificazioni industriali. In ogni caso, siamo molto soddisfatti dei risultati ottenuti: il progetto ARIA ha confermato la possibilità di ridurre in modo concreto le emissioni nocive e speriamo che gli sviluppi futuri consolidino e amplino questi risultati fino alla loro piena applicazione industriale.

A proposito di quest'ultima parte, e in relazione alla conclusione di Ecosister e alla chiusura di questo percorso di collaborazione tra i vari Spoke, quali sfide, sia scientifiche sia applicative, considera oggi più urgenti alla luce di quanto abbiamo discusso?

Longo: Il nostro augurio è quello di poter proseguire l'attività anche dopo la conclusione di Ecosister e qualche segnale positivo c'è. Sarebbe auspicabile poter continuare, soprattutto perché quest'ultimo progetto, pur non essendo forse il più rilevante in senso assoluto, è certamente quello destinato a produrre un impatto concreto e a breve termine sulla società e sull'economia. Tredici mesi di lavoro, partendo dai nove iniziali poi prorogati, non sono molti, ma siamo riusciti a mantenere le promesse solo perché eravamo già pronti con strumenti e materiali. Per il futuro, sarà necessario investire più tempo e risorse. Il collega Dalcanale è entusiasta di poter proseguire il progetto, sia per perfezionare la strumentazione già sviluppata e testata con successo, sia per integrare i risultati provenienti dal tunnel del vento. Siamo fiduciosi che, in caso di proroga del finanziamento, la Regione Emilia-Romagna possa decidere di valorizzare quanto è stato costruito finora con impegno e, crediamo, anche con successo da parte dei ricercatori. Siamo

consapevoli, naturalmente, che eventuali nuovi finanziamenti non potranno essere consistenti come quelli del PNRR, che ci ha permesso di rinnovare e rafforzare i nostri laboratori con nuovo personale e nuove attrezzature, nonostante le strutture amministrative abbiano incontrato difficoltà non trascurabili che hanno inevitabilmente rallentato i processi. Nonostante ciò, ci auguriamo davvero che la collaborazione possa proseguire. Siamo pronti e disponibili a proseguire, anche perché i risultati ottenuti saranno presto consolidati nei report ufficiali e successivamente pubblicati in forma scientifica, una volta completate tutte le verifiche e le indagini necessarie.

Credo che Ecosister sia un fiore all'occhiello e che abbia condotto a dei risultati di cui essere orgogliosi. Si tratta di investimenti a lungo termine, un flusso di risorse che, anche dopo la conclusione del programma, continuerà a generare effetti benefici. Da ingegnere civile idraulico, credo molto in questa logica di gestione e valorizzazione delle infrastrutture: un accumulo di beni strumentali nel periodo di piena e un rilascio lento dei benefici derivanti dall'uso di tali beni nel periodo di magra. Il nostro tunnel del vento ne è un esempio concreto: non solo è diventato un simbolo di innovazione dei nostri laboratori, ma ci ha permesso di creare un nuovo laboratorio accanto a quello di idraulica che già avevamo. Non abbiamo inventato nulla di nuovo, ma abbiamo adottato un nuovo approccio per studiare le cose con gli strumenti più adeguati, grazie al finanziamento del PNRR. Senza questo sostegno, probabilmente non avremmo avuto né le risorse né la spinta per farlo. Per questo motivo, ci auguriamo che il lavoro possa continuare: siamo pronti, motivati e desiderosi di proseguire su questa strada.



L'analisi del verde urbano per la valutazione dei servizi ecosistemici della città

Intervista a Letizia Cremonini

Letizia Cremonini è Architetto e paesaggista presso l'Istituto per la BioEconomia IBE del CNR di Bologna.

Come nasce il progetto e qual era il vostro obiettivo di ricerca?

Cremonini: Il progetto nasce all'interno di Ecosister ma trae origine da un'idea iniziale di due colleghi del gruppo, Marianna Nardino e Edoardo Fiorillo, a cui tengo a riconoscere la piena paternità scientifica dell'intuizione di partenza. Il team che ha portato avanti la ricerca è composto da cinque persone con competenze complementari: oltre a Marianna ed Edoardo, ci sono Cinzia De Benedictis, Luisa Neri, e io. L'obiettivo comune era approfondire il valore reale del verde urbano, concentrandoci in particolare sul verde privato, che di solito è poco conosciuto e raramente censito, ma che rappresenta una quota importante del patrimonio vegetale complessivo delle città. L'idea era duplice: da un lato volevamo caratterizzare con precisione la composizione del verde urbano, analizzando specie, dimensioni, distribuzione e caratteristiche morfologiche e vegetazionali; dall'altro volevamo quantificare i servizi ecosistemici che queste aree verdi – pubbliche e private – offrono quo-

tidianamente alla città, dalla riduzione dell'inquinamento atmosferico alla mitigazione del calore, dallo stoccaggio del carbonio alla riduzione del deflusso idrico. Per farlo abbiamo scelto un'area che conosciamo molto bene, un quadrato di un chilometro per un chilometro nel quartiere della Bolognina a Bologna.

È un quartiere che abbiamo studiato estensivamente anche in altri progetti, da più punti di vista – sociale, ambientale, urbanistico – e ci offriva quindi il contesto ideale per un'analisi approfondita sul verde urbano. Inoltre, la sua composizione mista, con parti storiche e parti di costruzioni più recenti, ci permetteva di confrontare assetti urbanistici diversi e capire come influenzassero la presenza e la qualità del verde. Il progetto è nato dal desiderio di colmare un vuoto conoscitivo sul verde privato, integrarlo con i dati del verde pubblico e valutare in modo rigoroso il contributo complessivo della vegetazione al benessere delle persone nel contesto urbano. Ed è nato anche dalla convinzione, condivisa nel gruppo, che una conoscenza puntuale e scientificamente solida possa diventare uno strumento utile per decisori pubblici, tecnici e cittadini.

Quali strumenti e metodologie avete utilizzato per analizzare il verde urbano?

Cremonini: Per affrontare questa ricerca abbiamo integrato competenze diverse e due strumenti principali che utilizziamo da anni e che si sono rivelati particolarmente adatti all'obiettivo. Il primo è i-Tree, un software sviluppato dallo US Forest Service che permette, a partire da un censimento puntuale degli alberi, di analizzarne la struttura e di quantificare i servizi ecosistemici che offrono. i-Tree permette di stimare, ad esempio, l'assorbimento degli inquinanti atmosferici come ozono, PM10 e PM2.5, la quantità di carbonio stoccato o sequestrato, la riduzione del deflusso idrico superficiale e perfino l'energia risparmiata dagli edifici grazie alla presenza di alberi vicini. Il software integra inoltre i dati con le condizioni microclimatiche dell'area di studio, aspetto fondamentale per ottenere risultati realistici, perché il clima locale influisce direttamente sulla crescita e sulle funzioni delle piante. Il secondo strumento è ENVI-met, un modello fluidodinamico tridimensionale che consente di simulare il microclima urbano di un'area definita, tenendo conto di edifici, superfici, materiali, vegetazione e persino specchi d'acqua. Nel nostro caso abbiamo ricostruito in 3D l'intero quadrato di un chilometro per un chilometro della Bolognina, rappresentando edifici, superfici pavimentate e aree verdi con un livello di dettaglio coerente con una risoluzione di cinque metri. ENVI-met ci permette di analizzare lo stato attuale ma anche di simulare scenari alternativi, ad esempio togliendo o aggiungendo vegetazione, per capire il peso delle diverse componenti verdi sul comfort microclimatico e sulla percezione di benessere fisiologico delle persone. L'integrazione tra censimento, competenze del gruppo e

strumenti modellistici ha rappresentato la base metodologica su cui si è costruita l'intera analisi e ci ha permesso di ottenere risultati affidabili e confrontabili tra loro.

Quanto è stato importante questo approccio multidisciplinare nella vostra ricerca?

Cremonini: L'approccio multidisciplinare di cui parlavo è stato un elemento centrale del progetto, proprio come condizione necessaria per poter affrontare in modo completo un tema complesso come quello del verde urbano e dei servizi ecosistemici. Il gruppo di lavoro è composto da figure con competenze molto diverse: due biotecnologhe, Cinzia De Benedictis e Luisa Neri; una fisica dell'atmosfera, Marianna Nardino; un agronomo con forte esperienza in sistemi GIS, Edoardo Fiorillo; e infine io, architetto e paesaggista. Questa varietà di sguardi ha permesso alla ricerca di svilupparsi su piani diversi ma complementari, integrando aspetti vegetazionali, microclimatici, modellistici e urbanistici. Spesso, nella fase di impostazione del lavoro e nella stesura dell'articolo scientifico, ci siamo trovati a discutere anche in maniera molto animata, proprio perché ogni competenza porta con sé un linguaggio, delle priorità e una sensibilità specifica. Però è proprio in quei momenti di confronto più acceso che sono emerse le idee più solide, quelle che poi hanno permesso di definire un metodo condiviso e di scegliere con maggiore consapevolezza quali dati approfondire, quali strumenti usare e come interpretarli in modo coerente.

Un altro aspetto importante è che la multidisciplinarietà ci ha permesso di evitare il rischio, molto comune in questi ambiti, di costruire una sorta di "puzzle incoerente", dove ogni disciplina procede

per conto proprio e solo alla fine si cerca di mettere insieme i pezzi. Lavorando in modo corale fin dall'inizio, invece, abbiamo potuto allineare da subito criteri, obiettivi e modalità operative. Questo ha reso possibile, ad esempio, integrare efficacemente i rilievi sul campo con i dati micrometrici e con le simulazioni modellistiche, ottenendo una lettura del quartiere che non è solo tecnica, ma anche ambientale, fisiologica, urbanistica e sociale allo stesso tempo. Questo tipo di approccio è indispensabile tanto nella ricerca quanto nella pratica professionale e nella pianificazione pubblica. Le città sono organismi complessi e nessuna disciplina, da sola, è in grado di coglierne tutte le dimensioni. Quando si interviene su un quartiere o sulla sua struttura ecologica, si toccano inevitabilmente aspetti che riguardano l'ambiente, il clima, l'architettura, la gestione dei suoli, la salute delle persone e persino la percezione estetica degli spazi. L'integrazione tra competenze permette di vedere questi collegamenti, di evitarne le distorsioni e di prendere decisioni più efficaci nel lungo periodo.

La ricerca sulla Bolognina è stata un esempio concreto di come la multidisciplinarietà non sia uno slogan, ma un metodo che funziona davvero e che permette di affrontare in modo maturo temi che richiedono un equilibrio delicato tra tecnica e visione, tra conoscenze molto specialistiche e una capacità di sintesi complessiva. L'approccio multidisciplinare è stato fondamentale anche per affrontare un tema che mi sta particolarmente a cuore, cioè il rapporto tra città e natura. Negli anni ho maturato la convinzione che, pur lavorando con strumenti ecologici e orientati alla sostenibilità, la città debba comunque rimanere uno spazio antropocentrico. Negli ultimi dieci anni



abbiamo visto le conseguenze di scelte che non tenevano conto di questo equilibrio: ad esempio, il potenziamento non governato di corridoi ecologici può attrarre fauna selvatica in aree urbane dove la gestione dei rifiuti o delle superfici permeabili non è adeguata, con rischi sia per le persone sia per gli animali stessi. Per questo ritengo che ogni intervento debba essere pensato in modo integrato, considerando la presenza umana come elemento centrale, ma mettendola in relazione equilibrata con i sistemi naturali. L'approccio multidisciplinare serve proprio a questo: capire quando una soluzione naturalistica è sostenibile e quando invece, senza una gestione attenta dell'intorno urbano, rischia di produrre effetti indesiderati.

Qual è stato, invece, il tipo di collaborazione con la pubblica amministrazione e come avete gestito il censimento del verde?

Cremonini: Da un punto di vista delle collaborazioni ha avuto un ruolo fondamentale il Comune di Bologna, perché ha messo a disposizione in tempi rapidissimi un censimento del verde pubblico estremamente dettagliato. Non solo conteneva specie, varietà e dimensioni di ogni pianta, ma anche informazioni sullo stato di salute e sugli interventi manutentivi necessari. Per chi fa ricerca, avere un patrimonio di dati così preciso è davvero prezioso, perché permette di costruire analisi molto più affidabili e approfondite. Va detto che non tutte le amministrazioni dispongono di un livello di aggiornamento così avanzato e per la mia esperienza, Bologna e in generale l'Emilia-Romagna sono realtà efficienti sotto questo punto di vista. Il verde privato invece, come anticipavo, non è censito, e questo rappresentava una delle principali sfide della ricerca. Per colmare

questo vuoto abbiamo realizzato noi un censimento puntuale, pianta per pianta. Quando possibile siamo entrati nei cortili privati, presentandoci con tutta la documentazione necessaria per rassicurare i proprietari sulla nostra identità e sul fatto che eravamo del CNR e collaboravamo con il Comune. In alcuni casi abbiamo riscontrato un po' di diffidenza, comprensibile vista la situazione generale, ma nella maggior parte dei casi i cittadini hanno collaborato con disponibilità. Dove non è stato possibile accedere abbiamo rilevato dall'esterno e poi fatto una validazione incrociata con ciò che era visibile da Google Maps, così da ottenere comunque una buona approssimazione. Dal punto di vista tecnico abbiamo usato PlantNet per il riconoscimento delle specie e QField per la georeferenziazione, strutturando i dati nello stesso formato del censimento pubblico, in modo da ottenere un database unico, coerente e confrontabile. Questo lavoro ci ha permesso di costruire un database nel quale ogni pianta è identificata, localizzata e descritta in modo uniforme. Successivamente abbiamo adattato i dati ai formati richiesti da i-Tree e abbiamo individuato, per ENVI-met, le specie presenti nel suo database che più si avvicinavano a quelle reali della Bolognina. L'apporto del Comune è stato decisivo per il verde pubblico e, allo stesso tempo, ha reso ancora più evidente quanto fosse importante integrare questi dati con una conoscenza altrettanto dettagliata del verde privato, che spesso rappresenta una parte consistente e molto attiva dal punto di vista ecologico all'interno dei quartieri.

Quali sono stati i risultati principali della ricerca?

Cremonini: Uno dei primi risultati significativi riguarda la possibilità stessa di

ottenere un censimento del verde privato sufficientemente accurato. Non essendo dati ufficiali disponibili, riuscire a costruire una base informativa coerente, anche nelle situazioni in cui non è stato possibile accedere ai cortili, è stato un passo fondamentale. Dal censimento è emerso con grande chiarezza che il verde privato non solo è molto presente, ma supera numericamente quello pubblico. Nel chilometro quadrato che abbiamo analizzato sono stati registrati 5.056 tra alberi e arbusti: di questi, 3.189 appartengono al verde privato, mentre 1.867 fanno parte del verde pubblico. Si tratta di una differenza significativa, che ha implicazioni importanti sul ruolo effettivo dei cittadini nella struttura ecologica del quartiere. Un altro elemento interessante è la maggiore biodiversità del verde privato, che conta 154 specie diverse contro le 68 del verde pubblico. La ragione è legata alle logiche che guidano le due tipologie: nelle aree pubbliche prevalgono impianti più uniformi, come i filari monovarietali tipici delle strade storiche, mentre i giardini privati riflettono una pluralità di scelte personali, spesso dovute a esigenze estetiche o funzionali. È una diversità che non sempre viene percepita, ma che contribuisce in modo importante alla resilienza complessiva del sistema urbano. Osservando le specie più diffuse emergono tigli, pruni e olmi, che sono anche tra le più performanti sotto il profilo dei servizi ecosistemici. Il verde pubblico si compone in larga parte di alberi di grandi dimensioni, spesso caducifoglie storiche piantate diverse decine di anni fa; il verde privato, invece, è dominato da sempreverdi più piccoli, generalmente di impianto recente. Queste differenze strutturali incidono sia sul modo in cui le piante si comportano nell'ambiente urbano sia sulla loro efficienza ecosistemica.

L'analisi modellistica ha confermato un risultato particolarmente rilevante: il verde privato contribuisce a oltre la metà dei servizi ecosistemici complessivi dell'area. Questo significa che, se ci si basasse unicamente sul verde pubblico, si perderebbe una parte consistente della capacità del quartiere di mitigare l'inquinamento, gestire il calore e assorbire l'acqua piovana. Le simulazioni ENVI-met mostrano molto chiaramente che le zone in cui il verde privato è più presente corrispondono a quelle in cui la temperatura dell'aria tende ad abbassarsi maggiormente e in cui l'indice di benessere fisiologico, la PET, registra i valori più favorevoli. Lo scenario simulato senza alberi è risultato nettamente il peggiore, sia per quanto riguarda la temperatura dell'aria sia per il comfort percepito. Questo tipo di confronto, reso possibile dal modello, permette di visualizzare in modo immediato quanto la vegetazione sia determinante per mantenere condizioni microclimatiche accettabili, soprattutto in contesti urbani densi.

Un aspetto emerso con forza riguarda anche la cura dei giardini privati. Nel quartiere Bolognina molti spazi verdi sono irrigati e mantenuti con molta attenzione. Questo incide direttamente sulla capacità delle piante di svolgere le loro funzioni fisiologiche: una pianta che non riceve acqua a sufficienza entra rapidamente in sofferenza e riduce drasticamente la propria efficacia nel filtrare l'aria, nell'abbattere le temperature o nell'assorbire il deflusso idrico. La buona manutenzione operata spontaneamente dai cittadini si traduce quindi in un beneficio concreto per l'intero quartiere, anche al di là della proprietà del singolo spazio. La ricerca evidenzia quindi l'importanza di non limitarsi al solo verde pubblico quando si analizzano gli effetti ecologici della



vegetazione urbana. Il verde privato, che spesso rimane invisibile nelle statistiche, ha un peso strutturale e funzionale enorme. In un quartiere come la Bolognina, questa componente contribuisce in modo essenziale alla qualità ambientale e al comfort climatico, con ricadute dirette sulla vita quotidiana delle persone.

Quali sviluppi futuri vi immaginate?

Cremonini: Per quanto riguarda gli sviluppi futuri, uno degli obiettivi a cui stiamo lavorando riguarda l'attivazione di iniziative di *citizen science* legate al verde privato. L'idea nasce da una constatazione che la ricerca ha reso molto evidente, come dicevo: il contributo del verde privato è decisivo e, allo stesso tempo, rimane una componente poco conosciuta, spesso esclusa dai censimenti ufficiali e non sempre gestita in modo pienamente consapevole. Coinvolgere direttamente i cittadini nel processo di raccolta dei dati, nel riconoscimento delle specie e nella cura delle piante potrebbe incrementare sia la qualità delle informazioni disponibili sia il livello di consapevolezza diffusa

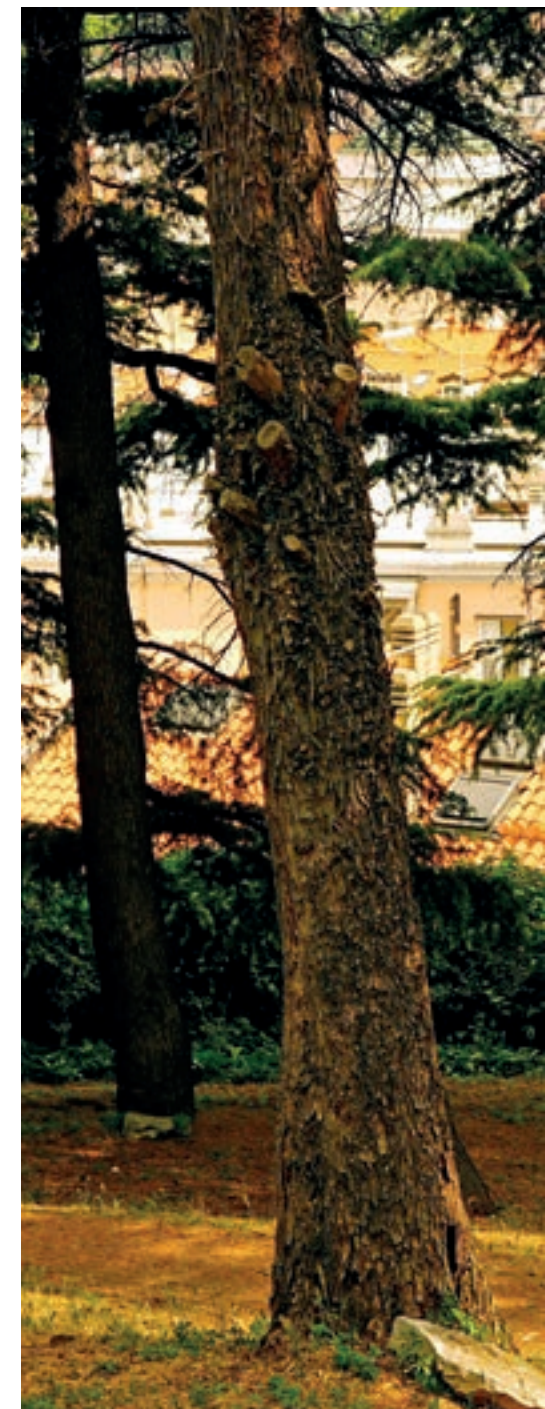
sulle scelte delle vegetazioni. Il Comune di Bologna, da questo punto di vista, è un contesto particolarmente favorevole perché negli ultimi anni ha sviluppato una rete molto attiva di cittadini sensibili ai temi del microclima e dell'adattamento ai cambiamenti climatici, grazie a progetti come Bologna Missione Clima, che ha coinvolto centinaia di persone in incontri e attività formative. Questa base partecipativa costituisce un terreno fertile per sperimentare forme strutturate di *citizen science* legate al verde urbano.

Dal punto di vista operativo stiamo valutando la possibilità di sviluppare strumenti digitali, come una web app dedicata che consenta ai cittadini di mappare le proprie piante, aggiornare dati, segnalare criticità e comprendere meglio il ruolo ecologico del proprio giardino. Alcune funzioni potrebbero essere ispirate alle app che negli Stati Uniti sono già integrate con i-Tree, anche se adattarle al contesto italiano richiederebbe un lavoro non banale, ad esempio intervenendo tramite API per personalizzare strumenti e database. Su questi aspetti stiamo dialogan-



do anche con il Consorzio ProAmbiente, che potrebbe attivarsi sia nella parte di sviluppo tecnico, sia nell'organizzazione di attività di comunicazione e formazione rivolte ai cittadini. Un altro tema riguarda l'attivazione di campagne più estese di censimento, sia per approfondire la conoscenza della Bolognina sia per iniziare a mappare altre aree campione della città. Questo tipo di attività richiede risorse economiche e strumentali, e non è realistico pensare che possano essere coperte interamente dalle amministrazioni, soprattutto in un periodo in cui molte risorse devono essere dedicate alle emergenze. Per questo stiamo monitorando bandi e opportunità di finanziamento che possano sostenere queste iniziative, consentendo di strutturare nel tempo un monitoraggio continuativo.

È evidente che un percorso di questo tipo avrebbe bisogno anche di incentivi che stimolino i cittadini a partecipare. Esistono già alcune forme di agevolazione, ad esempio legate alla gestione degli sfalci o del compost domestico, ma il tema potrebbe essere sviluppato ulteriormente, prevedendo nuove modalità di riconoscimento per chi contribuisce in modo attivo al miglioramento della qualità ecologica del proprio quartiere. L'obiettivo generale è far sì che il verde privato diventi una componente visibile, riconosciuta e valorizzata, e che i cittadini possano beneficiarne e sentirsi parte di un processo condiviso di cura e di presa di coscienza sull'importanza della vegetazione urbana nel contrastare i cambiamenti climatici. In questo senso, la *citizen science* rappresenta un'opportunità molto concreta per trasformare una consapevolezza individuale in un'azione collettiva strutturata.



L'economia circolare come approccio trasversale: l'esperienza dello Spoke 5

Intervista a Luisa Pasti

Luisa Pasti è Professoressa ordinaria di Chimica analitica presso l'Università di Ferrara e Coordinatrice dello Spoke 5 di Ecosister.

All'interno del progetto Ecosister ha coordinato lo Spoke 5. Può raccontarci innanzitutto che tipo di esperienza è stata dal punto di vista della collaborazione scientifica?

Pasti: Direi che ho avuto la fortuna di lavorare con un team eccellente. Si trattava di ricercatori che non avevano precedenti collaborazioni tra loro, pur provenendo da università vicine, concentrate nella regione Emilia-Romagna. Fin dall'inizio si è instaurato un rapporto di vera collaborazione, che a mio avviso ha contribuito in maniera decisiva alla riuscita del progetto. Per me è stata una sorpresa positiva: mi aspettavo di poter lavorare bene, ma il risultato è andato oltre le previsioni. Molti *deliverable*, prototipi e studi non sono, infatti, il frutto del lavoro di una singola unità, ma della reale cooperazione tra gruppi diversi. Questo è un aspetto che considero molto importante, perché va oltre i risultati strettamente scientifici e rappresenta un valore aggiunto sul piano umano e relazionale. La collaborazione è stata un elemento centrale che ci ha permesso di costruire prodotti concreti e innovativi.

A suo avviso quali sono stati, nello specifico, i fattori che hanno reso possibile una collaborazione così efficace e uno scambio proficuo tra realtà e competenze diverse?

Pasti: Credo che il fattore decisivo sia stata la condivisione sin dai primissimi passi del progetto. All'inizio ci è stato consegnato un "foglio bianco", e abbiamo avuto la possibilità di scrivere insieme quello che volevamo fare. Ognuno si è preso un impegno concreto, e questo ha creato un senso di responsabilità condivisa. Lungo il percorso sono emerse nuove sfide che sono state affrontate insieme, ognuno mettendo a disposizione ciò che sapeva fare meglio. Il fatto di poter dire: "Se tu riesci a portare avanti questa parte, io posso sviluppare quest'altra e vediamo se insieme funziona", è stata la leva più forte. È diverso da quando ci si limita ad assegnare compiti dall'alto. Qui, invece, la costruzione condivisa degli obiettivi ha creato un clima di collaborazione autentica che, a mio giudizio, è stato l'elemento chiave della riuscita del progetto.

Tutto questo lavoro è stato quindi positivo anche per il suo carattere interdisciplinare.

Pasti: Sicuramente sì. Come accennavo, uno dei motivi per cui all'inizio non

ci conoscevamo era proprio la diversa estrazione disciplinare dei partecipanti. Ognuno di noi affrontava tematiche differenti: io, ad esempio, sono un chimico; quindi, posso fornire un supporto analitico nella determinazione di componenti, ma non ho competenze specifiche in ambiti come l'agronomia o l'economia. Ecco perché è stato fondamentale costruire un team realmente multidisciplinare, in cui accanto ai chimici lavorano agronomi, geologi, ingegneri, biologi, economisti,

e persino esperti in discipline più vicine alla comunicazione e alla valutazione dei processi. Questa varietà di competenze ci ha permesso di avere strumenti più completi per affrontare i diversi problemi e introdurre innovazioni con potenziali applicazioni sia industriali sia sociali.

Per fare un esempio concreto: nello Spoke 5 è stata realizzata una survey, un questionario molto articolato, con l'obiettivo di capire se l'introduzione di benefit





economici possa rappresentare un incentivo per le aziende a adottare pratiche sostenibili. Non è una domanda banale, perché serve a comprendere se e in che misura le imprese siano disposte a cambiare i loro modelli operativi, e quali leve possano realmente attivare questo cambiamento. È un lavoro che richiede anche conoscenze economiche e sociologiche, e la capacità di interpretare i risultati in chiave applicativa.

Un altro aspetto che abbiamo affrontato riguarda il cosiddetto *greenwashing*. Oggi molti parlano di sostenibilità e dichiarano di avere processi green, ma spesso dietro le parole c'è ben poco di concreto. Per questo è cruciale definire metriche precise con cui valutare se le innovazioni introdotte siano realmente sostenibili e non solo presentate come tali. È un compito che richiede competenze specifiche e strumenti adeguati, perché serve a distinguere ciò che è davvero innovativo e rispettoso dell'ambiente da ciò che si limita a sfruttare una moda comunicativa. In definitiva, l'approccio multidisciplinare si riflette anche nella struttura stessa dei Work Package, che affrontano tematiche molto diverse tra loro. Solo mettendo insieme saperi differenti è stato possibile avere una visione completa e affrontare con serietà le sfide poste dall'economia circolare e dalla sostenibilità.

Entriamo allora nel merito: quali sono le caratteristiche e gli obiettivi principali dello Spoke 5?

Pasti: Lo Spoke 5 si occupa di un tema trasversale a tutto il progetto, l'economia circolare, che oggi rappresenta il paradigma fondamentale con cui dobbiamo confrontarci: preservare le risorse, riutilizzare gli scarti, ridurre l'impatto ambientale. Una peculiarità del nostro

Spoke è la presenza di un Work Package interamente dedicato agli aspetti economici e di policy, con l'obiettivo di favorire l'introduzione di innovazioni sostenibili nelle aziende del territorio e di analizzare lo stato attuale delle normative. L'idea è quindi di accompagnare non solo i processi tecnologici, ma anche quelli regolatori ed economici, per rendere possibile un vero cambiamento di sistema.

Gli altri Work Package sono focalizzati invece sul riuso dei materiali, che siano scarti industriali o reflui urbani, e sulla cosiddetta *blue economy*. L'Emilia-Romagna è, come sappiamo, una regione costiera e il nostro lavoro riguarda anche l'acquacoltura, la pesca e il turismo costiero. In quest'ottica, lo Spoke si occupa di valorizzare le risorse marine, migliorare le pratiche ecosistemiche e recuperare gli scarti legati al mare e alle sue attività. Non meno importante è l'attenzione al turismo sostenibile: sviluppare nuovi percorsi e modelli turistici che rispettino l'ambiente e abbiano ricadute positive sul benessere e sulla salute delle persone.

Un altro ambito che abbiamo ritenuto fondamentale è l'agricoltura. L'Emilia-Romagna non può essere separata da questo settore, che resta uno dei pilastri della sua economia. Per questo lo Spoke 5 prevede l'introduzione di pratiche di agroecologia che mantengano la produttività riducendo al tempo stesso l'impatto antropico. L'obiettivo, in questo caso, è limitare l'uso di sostanze chimiche, promuovendo tecniche alternative come il sovescio, l'impiego di microrganismi o biofertilizzanti, in linea con le direttive europee che cercano di ridurre l'inquinamento. Inoltre, il progetto tiene conto delle sfide poste dai cambiamenti climatici, come la siccità, che rendono urgente l'adozione di nuove tecniche agricole più

resilienti. In sintesi, lo Spoke 5 si concentra su pesca, agricoltura, turismo, riuso e riciclo di rifiuti e reflui, fino al comparto agroalimentare, proponendo soluzioni che coniughino economia circolare, sostenibilità ambientale e benessere delle comunità. È una visione ampia, che unisce ricerca scientifica, innovazione tecnologica, aspetti economici e sociali, con l'obiettivo di dare un contributo concreto alla transizione ecologica del territorio.

Quale metodo di lavoro avete adottato per selezionare i progetti più rilevanti, tenendo conto sia delle aree di interesse che delle urgenze contemporanee?

Pasti: Fin dall'inizio abbiamo scelto un approccio fortemente condiviso, come dicevo. Ogni ente partecipante aveva i propri rappresentanti e già nella fase preliminare, quando stavamo ancora definendo la progettualità da presentare, abbiamo ritenuto fondamentale confrontarci con loro. L'obiettivo era individuare insieme le tematiche principali e stabilire le voci da inserire nei diversi Work Package. Questo lavoro non si è basato soltanto sulle competenze e sulle esperienze dei singoli ricercatori coinvolti, ma anche sulla conoscenza diretta dei settori produttivi e delle caratteristiche specifiche del territorio emiliano-romagnolo. Una volta definito il programma, in molti casi abbiamo previsto come primo risultato uno studio di settore: un'analisi dal punto di vista economico per capire quali aziende potessero essere più interessanti, quali problematiche fossero già presenti e quali sfide potessero emergere. Questi studi ci hanno permesso di avere un quadro chiaro e aggiornato, evitando di lavorare su ipotesi astratte e collegando invece la ricerca alle reali necessità del territorio.

Un esempio emblematico riguarda la *Blue Economy*. In fase di progettazione avevamo posto grande attenzione all'acquacoltura in Emilia-Romagna, soprattutto nelle aree di Ravenna e Ferrara, con riferimento a produzioni di vongole e altri molluschi. Tuttavia, mentre il programma era già stato approvato e finanziato, ci siamo trovati di fronte a un evento imprevisto: la diffusione del granchio blu, una specie invasiva che in poco tempo ha quasi azzerato la produzione locale, essendo estremamente vorace e capace di distruggere gran parte del comparto. In questo caso abbiamo dovuto riorientare parte del lavoro, cercando di includere nelle nostre attività lo studio delle possibili strategie di gestione e perfino l'ipotesi di uno sfruttamento sostenibile di questa nuova specie. È stato un chiaro esempio di come un programma di ricerca debba restare flessibile, pronto a adattarsi a situazioni emergenti che cambiano il quadro economico e ambientale.

Per fortuna, in altri ambiti non abbiamo riscontrato cambiamenti così radicali. Questo ci ha consentito di proseguire lungo la linea tracciata dagli studi iniziali, approfondendo alcune tematiche cruciali per il territorio. Penso al turismo, per il quale abbiamo condotto una ricognizione delle aziende e delle loro necessità, o all'agricoltura, altro settore cardine della regione, che richiede soluzioni innovative legate alla sostenibilità e all'adattamento ai cambiamenti climatici. In definitiva, il nostro metodo ha sempre seguito due direttrici: da un lato la condivisione con tutti i partner istituzionali e scientifici, dall'altro l'attenzione costante alle dinamiche del territorio e alle trasformazioni in corso. Questo ci ha permesso di orientare la ricerca verso temi di reale interesse e di evitare che rimanesse confinata a un esercizio accademico, sen-

za ricadute pratiche per la comunità e per il sistema economico regionale.

E per quanto riguarda i partner industriali? Come avete lavorato con loro e quali opportunità si sono aperte per le aziende in termini di trasferimento di conoscenza e tecnologia?

Pasti: In diversi casi siamo riusciti a sviluppare soluzioni direttamente in collaborazione con aziende del territorio. Un esempio molto significativo riguarda le pratiche agricole: alcune imprese si sono rese disponibili per sperimentare sul campo l'impiego di biostimolanti e biofertilizzanti, oppure per testare sistemi innovativi di coltivazione, come nel caso del pomodoro. In questi progetti non si è trattato solo di trasferimento tecnologico, ma di una vera e propria co-partecipazione con le aziende coinvolte nella realizzazione concreta dei risultati della ricerca. Questo ci porta a pensare che anche in futuro sarà possibile rafforzare e diffondere i traguardi raggiunti con *Ecosister*, trasferendoli progressivamente ad altre realtà produttive.

Un altro esempio riguarda invece l'allevamento delle ostriche, dove abbiamo collaborato con aziende interessate a verificare metodologie alternative di allevamento. Normalmente le ostriche vengono cresciute in cassette che vengono immerse e poi seguono il ritmo delle maree, come avviene sulle coste francesi. Tuttavia, in Emilia-Romagna non abbiamo fenomeni di marea significativa e quindi si è reso necessario sperimentare un sistema di "simulazione della marea". Da parte nostra abbiamo svolto le analisi nutrizionali e compositive delle ostriche, mentre le aziende hanno messo a disposizione le loro conoscenze specifiche e le attrezzature necessarie per l'allevamen-

to. Accanto a queste esperienze, lo Spoke 5 ha lavorato anche su tematiche che toccano altri Spoke, come il recupero degli scarti destinati all'industria ceramica o al settore delle costruzioni. Qui la cooperazione con le imprese ha portato alla messa a punto di veri prototipi, dimostrando come il passaggio dalla ricerca alla pratica industriale possa avvenire in tempi rapidi se c'è la volontà di sperimentare insieme. Infine, un ulteriore ambito di collaborazione ha riguardato le multiutility e le aziende che gestiscono reflui urbani. Con loro abbiamo lavorato a sistemi di depurazione innovativi basati sull'uso delle microalghe. Si tratta di un approccio interessante: invece di considerare la materia organica contenuta nelle acque reflue come un inquinante da eliminare, viene utilizzata come nutrimento per le microalghe. Queste ultime, a loro volta, possono essere valorizzate in molti modi: per la produzione di biocarburanti, come materia prima, o per ottenere sostanze biologicamente attive. È un esempio di economia circolare applicata a un settore cruciale come la gestione delle acque, che mostra chiaramente come ricerca, sapere tecnico e industria possano anche in questo caso generare insieme innovazioni con ricadute concrete.

Quanto è stato importante poter lavorare dentro una rete così ampia e articolata, con vari Spoke, in un progetto di questa portata? E guardando al futuro, quale impatto spera che possa lasciare sul territorio, sia sul piano delle tecnologie applicate sia in termini più generali per la cittadinanza?

Pasti: Aver costruito rapporti solidi all'interno dello Spoke ci ha permesso non solo di lavorare bene tra noi, ma anche di collaborare in maniera proficua con gli altri enti e università coinvolti nel progetto. Non ci siamo limitati a intera-

zioni tra i soli ricercatori dedicati ai singoli Spoke: si è sviluppata una rete più ampia, che ha dato vita, come dicevo, anche a soluzioni inter-Spoke, nate dall'integrazione di competenze differenti. Un esempio concreto riguarda l'agricoltura: nello Spoke 1 sono stati sviluppati sensori innovativi che abbiamo poi applicato nello Spoke 5 all'interno delle pratiche agricole. Noi avevamo la possibilità di testare queste soluzioni direttamente sul campo, mentre loro possedevano le competenze tecnologiche per progettare e mettere a punto i dispositivi. Il risultato è stato un sistema più complesso e ben calibrato, che non sarebbe stato possibile realizzare senza questa collaborazione trasversale. In generale, la possibilità di contare su una rete così ampia ci ha consentito di espandere le nostre capacità e di arrivare a prodotti più completi, più solidi e meglio studiati. Per noi è stata un'esperienza estremamente positiva, e credo che i benefici si siano estesi a tutti i partecipanti. Avere a disposizione risorse inter-Spoke significa moltiplicare le opportunità di ricerca e sviluppo.

Per quanto riguarda i benefici sul territorio e la cittadinanza, credo che la dimensione di un progetto così ambizioso faccia la differenza. Disporre di strumenti e metodologie testati in un contesto ampio e ben strutturato può generare ricadute sicuramente maggiori rispetto a quelle di un progetto più circoscritto. Non si tratta soltanto di trasferire tecnologie alle aziende, ma anche di coinvolgere direttamente la cittadinanza attraverso attività di *public engagement*, con associazioni e realtà locali. Questo serve a diffondere la conoscenza di ciò che si sta facendo, ad accrescere la consapevolezza e a stimolare una partecipazione attiva. Un progetto di queste dimensioni, anche in termini economici, riesce a sviluppa-

re simultaneamente ricerca scientifica, trasferimento tecnologico e azioni di comunicazione capillari, perché dispone di personale e di fondi dedicati a ogni specifica attività. Noi abbiamo contribuito mettendo a disposizione risultati e competenze tecnico-scientifiche, mentre la parte organizzativa e divulgativa è stata gestita da unità specializzate, in grado di lavorare con continuità su questi fronti. È un approccio che raramente si trova nei progetti di dimensioni più ridotte, che pure prevedono attività di diffusione, ma limitate a workshop, siti web o eventi puntuali. Qui invece parliamo di un coinvolgimento territoriale molto più ampio, reso possibile proprio dalla scala e dalla struttura del programma.

Infine, non posso non sottolineare il ruolo di Fondazione Ecosister, che è stata il vero motore pulsante del progetto e ha coordinato con puntualità tutte le attività, garantendo che i *deliverable* fossero portati avanti e che eventuali problematiche venissero affrontate e risolte tempestivamente. Senza un'organizzazione così solida e attenta, un'iniziativa complessa come Ecosister non avrebbe potuto raggiungere i risultati che oggi possiamo vedere. Guardando al futuro, credo che questo modello potrà lasciare un impatto significativo sul territorio, sia in termini di innovazioni tecnologiche applicate alle imprese, sia in termini di benefici diffusi per la cittadinanza, che è stata parte attiva del processo e continuerà a esserlo anche nelle fasi successive.

E guardando, appunto, oltre la conclusione di questo progetto, quali sono i vostri auspici su come potrà proseguire la ricerca e quali percorsi immaginate che si possano aprire?

Pasti: I nostri auspici sono quelli di continuare, magari non tutti insieme come

in Ecosister – perché una replica esatta non avrebbe senso dopo i risultati già raggiunti – ma attraverso gruppi che possano restare legati a determinate tematiche emerse in questi anni. Immaginiamo percorsi che possano proseguire con il sostegno di fondi europei o nazionali, mantenendo però quella base comune che si è consolidata all'interno dello Spoke. L'idea sarebbe quella di poter partecipare a nuovi progetti europei non solo come singoli enti, ma come gruppi di ricercatori che hanno già collaborato con successo e che possono portare avanti il lavoro sviluppato, facendo crescere ulteriormente alcune linee di ricerca e portandole a livelli di maturità tecnologica più elevati. Un'altra prospettiva riguarda invece le tematiche già arrivate a uno stadio avanzato: in quel caso l'auspicio è di poter intraprendere percorsi di industrializzazione insieme a partner del settore, trasformando i prototipi in soluzioni concrete. Da una parte, quindi, l'ampliamento delle collaborazioni su temi ancora a bassa maturità tecnologica; dall'altra, lo sviluppo industriale delle tecnologie già pronte per essere applicate.



Nuove soluzioni sostenibili per le colture agricole Intervista a Enrico Francia

Enrico Francia è Professore associato di Agronomia e coltivazioni erbacee presso l'Università di Modena e Reggio Emilia e componente dello Spoke 5 di Ecosister.

Può raccontarci qual è stato il suo contributo a Ecosister e come si inserisce nel suo percorso di ricerca?

Francia: Il mio contributo a Ecosister si inserisce nel lavoro che porto avanti da anni insieme al mio gruppo di ricerca. Parlo spesso al plurale perché il lavoro scientifico, soprattutto nell'università, è sempre un'attività condivisa. In un progetto di grandi dimensioni come Ecosister questo aspetto emerge con ancora più forza, perché il valore aggiunto nasce dalla capacità di guardare ai problemi da più punti di vista. Sono Professore associato di Agronomia e coltivazioni erbacee all'Università di Modena e Reggio Emilia, nella sede di Reggio, e da diversi anni coordino anche un corso di laurea magistrale dedicato alla sostenibilità dei sistemi agricoli. L'agricoltura è un sistema complesso, governato da numerose variabili ambientali e biologiche, e la multidisciplinarietà consente di affrontarla con strumenti più adeguati rispetto a un approccio settoriale. Nel mio percorso mi sono sempre occupato di colture erba-

cee, in particolare cereali come frumento, mais e orzo, oltre a colture orticole come il pomodoro o la patata. Si tratta di specie che rappresentano una quota rilevante della produzione agricola del nostro Paese e che richiedono un'attenzione costante alle interazioni tra fisiologia della pianta, scelte agronomiche e condizioni ambientali.

L'agricoltura produce biomassa, che può sembrare un concetto semplice, ma porta con sé un insieme di implicazioni fondamentali. Le piante sono organismi viventi che trasformano la luce in energia chimica e questa energia diventa ciò che noi utilizziamo come alimento, direttamente o indirettamente. In molte specie solo una parte della pianta viene realmente utilizzata dall'uomo: nel frumento, per esempio, ciò che raccogliamo è la granello, mentre la paglia ha oggi un impiego limitato e spesso viene trinciata e restituita al suolo. Nel mais, invece, per la produzione di insilato interessa la pianta intera. Nel pomodoro l'unica parte utile è la bacca. Comprendere come la pianta distribuisce la biomassa è essenziale per capire come migliorarne la produttività. Questa produzione è il risultato dell'interazione di tre grandi fattori. Il primo è l'ambiente: anche quando si lavora in

condizioni controllate, come in sistemi idroponici all'interno di strutture chiuse, si opera pur sempre in un ambiente definito, perché luce, acqua e nutrienti vengono regolati dall'uomo. Nella maggior parte dei casi però le coltivazioni si trovano in campo aperto, esposte alle dinamiche climatiche, ed è lì che si produce la quota prevalente del cibo che utilizziamo. L'Emilia-Romagna è un esempio perfetto di agricoltura inserita in un ambiente naturale ricco di variabili. Il secondo fattore è la scelta genetica: ogni agricoltore decide che specie coltivare e, all'interno della specie, quale varietà scegliere. Non è una decisione banale, perché due cereali come frumento e mais, ad esempio, che producono entrambi granella ricca di amido, hanno però meccanismi fotosintetici completamente diversi. Il frumento deriva da aree temperate, il mais da regioni subtropicali. Questo si traduce in efficienze differenti e in un comportamento diverso rispetto alla luce e alle temperature. Anche all'interno della stessa specie la scelta varietale modifica radicalmente le performance della coltura. È lo stesso principio che osserviamo in qualunque organismo vivente, compreso l'uomo. Il terzo fattore è rappresentato dalla tecnica agronomica, cioè dalla cura e dalla gestione della coltura durante il suo ciclo. L'obiettivo è sempre quello di ridurre al minimo gli stress che possono limitarne lo sviluppo e avere un effetto negativo sulla crescita. Esistono stress biotici, generati da organismi viventi come funghi o insetti, e stress abiotici, dovuti a condizioni ambientali come carenze idriche, eccessi di temperatura, salinità, presenza di metalli pesanti.

Buona parte del nostro lavoro consiste nel mettere il genotipo nelle condizioni migliori per esprimere il proprio potenziale produttivo. È su questo quadro ge-

nerale che si innesta la sostenibilità, un tema centrale per Ecosister, che deve essere misurata attraverso indicatori. Gli indicatori di sostenibilità agricola rientrano in due categorie: la prima riguarda i mezzi utilizzati, come quantità di azoto somministrato, volumi irrigui, energia impiegata; la seconda riguarda gli effetti che queste pratiche producono sull'ambiente. L'azoto, per esempio, è essenziale per la crescita delle piante ma, nelle sue forme minerali, è mobile nel suolo, e se non gestito correttamente può creare problemi ambientali significativi. Misurare l'efficienza con cui la pianta utilizza questi nutrienti è fondamentale per stabilire se una pratica è realmente sostenibile. Questi indicatori ci consentono di valutare non solo la produzione di una coltura nella singola stagione, ma anche la robustezza del sistema nel tempo. La robustezza è un concetto che deriva dall'ecologia e descrive la capacità di un sistema di resistere a una perturbazione, di recuperare e di adattarsi nel lungo periodo. Resistenza, resilienza e adattabilità sono le tre dimensioni che definiscono questa proprietà. Il nostro lavoro mira a comprendere come rendere gli agroecosistemi più robusti, cioè più capaci di mantenere livelli produttivi adeguati anche in presenza di stress sempre più frequenti dovuti al cambiamento climatico.

Come avete applicato questo approccio nel contesto di Ecosister e come avete operato all'interno dello Spoke 5?

Francia: In Ecosister abbiamo applicato questo approccio concentrandoci su una parte della filiera legata alla biostimolazione e alle tecniche capaci di migliorare la risposta delle colture agli stress. È un ambito che richiede competenze diverse e rappresenta bene la logica del progetto.



Il nostro contributo prosegue un lavoro già consolidato, ma si apre anche a nuove connessioni scientifiche e applicative. Abbiamo lavorato su due filoni principali. Il primo riguarda estratti e idrolizzati proteici ricavati da sottoprodotti di altre filiere, in ottica circolare, dove lo scarto di un processo può diventare materia prima per un altro. In passato abbiamo sperimentato idrolizzati ottenuti da scarti della filiera ittica e li abbiamo testati su colture come la patata per valutare gli effetti sulla crescita iniziale e sulla capacità della pianta di reagire a stress come le alte temperature. Alla fine, la valutazione avviene sempre sulla resa o sulla qualità, perché una soluzione agromeconomica ha senso solo se produce un miglioramento reale. Il secondo filone, che è stato il nucleo del lavoro svolto in Ecosister, riguarda la biostimolazione basata su microrganismi. Oggi sappiamo che nel suolo vivono comunità microbiche immense e che molte specie instaurano relazioni positive con le piante. Alcuni microrganismi producono composti utili, altri vivono nella rizosfera interagendo con la radice, altri ancora instaurano relazioni più strette, come nelle leguminose con i batteri fissatori dell'azoto.

Partendo da queste conoscenze abbiamo isolato ceppi batterici naturalmente presenti nei nostri terreni e li abbiamo testati in laboratorio, in condizioni controllate e poi in campo. Per verificarne l'efficacia ci siamo concentrati sul pomodoro da industria, una coltura centrale per l'Emilia-Romagna e il Nord Italia, uno dei principali bacini produttivi mondiali. Qui la filiera è molto organizzata e coordinata dall'Organizzazione Interprofessionale del Pomodoro da Industria del Nord Italia, che mette in dialogo produttori agricoli e industrie di trasformazione. Queste ultime lavorano a pieno regime solo per

pochi mesi e devono gestire una stagione molto concentrata, motivo per cui negli anni si è anticipato il trapianto. Il pomodoro, però, è una specie di origine subtropicale e tollera poco le basse temperature. Nella Pianura Padana, ad aprile, possono verificarsi ritorni di freddo. Per questo la filiera si affida da tempo ai vivai specializzati, che garantiscono le condizioni controllate necessarie alla germinazione di un seme così delicato. È proprio in vivaio che effettuiamo l'inoculo microbico, quando la radice è ancora in formazione e particolarmente ricettiva. In natura l'incontro con microrganismi utili avverrebbe in modo casuale, mentre l'inoculo consente di anticiparlo e stabilizzarlo. I benefici si mantengono nelle fasi successive della crescita e migliorano la capacità della pianta di affrontare gli stress. Le prove condotte finora mostrano un effetto positivo sia nei sistemi di coltivazione integrati, che rappresentano la quasi totalità del pomodoro da industria del Nord Italia, sia in quelli biologici. Questo perché i ceppi utilizzati non sono esogeni ma microrganismi già presenti nel suolo, semplicemente offerti alla pianta in modo più tempestivo e mirato. È un tipo di intervento compatibile con i disciplinari biologici e particolarmente interessante nei sistemi a basso input, dove la capacità naturale della pianta di interagire con il suolo gioca un ruolo centrale.

Per applicare la ricerca in campo vi siete avvalsi anche di una rete di collaborazioni esterne?

Francia: Sì, le collaborazioni esterne sono state fondamentali per mettere alla prova e poi validare le nostre soluzioni in condizioni reali. Una parte rilevante del lavoro, soprattutto nella fase iniziale, ha coinvolto le aziende agricole del territorio. Senza il loro contributo non sarebbe

stato possibile verificare se i risultati ottenuti in laboratorio e in camera di crescita si confermassero anche in campo, dove entrano in gioco variabili che non possiamo controllare con precisione. La sperimentazione agricola ha bisogno di questo passaggio, perché solo il campo permette di osservare l'interazione completa tra clima, suolo, genetica e tecnica colturale. In alcuni casi abbiamo collaborato anche con vivai specializzati, considerando il ruolo decisivo che la fase vivaistica riveste nella filiera del pomodoro da industria. È proprio lì che realizziamo l'inoculo microbico, e quindi avere un confronto diretto con chi gestisce quotidianamente le giovani piantine è stato molto utile per comprendere le esigenze operative e per calibrare gli interventi in modo realistico. Man mano che i risultati si consolidavano abbiamo iniziato a dialogare anche con aziende che operano nel settore dei biostimolanti e che hanno sede in Emilia-Romagna. L'obiettivo è capire se esistano le condizioni per sviluppare un prodotto che possa avere una prospettiva commerciale. È una fase che richiede cautela, ma è essenziale se si vuole che un risultato di ricerca riesca a raggiungere una diffusione ampia e un utilizzo pratico da parte degli agricoltori. Questi contatti si sono sviluppati durante Ecosister, ma non sono limitati al perimetro del progetto. Anche questo è un segnale positivo del fatto che la ricerca, quando adeguatamente strutturata, può generare interesse e ricadute anche al di fuori del contesto accademico.

Dal punto di vista interno al progetto, come si è sviluppata l'interdisciplinarietà?

Francia: L'interdisciplinarietà è stata un elemento indispensabile. Noi siamo agronomi, quindi la prima collaborazione naturale è quella con i microbiologi, che



possiedono le competenze necessarie per la selezione, la crescita e la gestione dei microrganismi che utilizziamo negli inoculi. Senza il loro contributo non sarebbe possibile capire come mantenere attivi e vitali i ceppi batterici, né come applicarli in modo corretto nelle diverse fasi della sperimentazione. Un altro fronte importante riguarda la qualità del prodotto finale, dove il ruolo dei tecnologi alimentari è decisivo, perché sono loro a misurare i parametri qualitativi che permettono di valutare l'efficacia delle nostre tecniche. Nel caso del pomodoro significa analizzare i gradi Brix, l'acidità e altri indicatori chimici e fisici che definiscono la qualità della bacca. Per i cereali l'attenzione si sposta invece sulle caratteristiche delle proteine di riserva, sulla forza dell'impasto e su altri aspetti tecnologici che determinano l'uso finale del prodotto. Queste valutazioni sono necessarie per capire se un miglioramento produttivo corrisponde anche a un miglioramento qualitativo. Un contributo altrettanto rilevante è venuto dai colleghi che si occupano di analisi del ciclo di vita. Valutare la sostenibilità agricola richiede infatti strumenti che permettano di tradurre pratiche molto diverse in indicatori comparabili. Il lavoro di questi gruppi consiste nel misurare, per esempio, l'impatto in termini di emissioni

o di consumo idrico e nel ricondurre tutto a parametri unici come la *carbon footprint* o la *water footprint*.

C'è poi una dimensione spesso meno considerata ma altrettanto necessaria, quella della comunicazione. Trasferire in modo chiaro temi complessi come quelli agricoli non è semplice perché molte persone non hanno un contatto diretto con l'agricoltura e non conoscono le difficoltà quotidiane di questo settore. Comunicare in modo efficace significa aiutare il pubblico a comprendere che cosa comporta lavorare per una produzione sostenibile e quali scelte scientifiche e tecniche rendono possibile quel risultato. Per questo ritengo che la collaborazione con chi si occupa di divulgazione sia una parte integrante del nostro lavoro.

Guardando oltre Ecosister, quali prospettive vede per la vostra ricerca e per il sistema regionale?

Francia: Uno degli aspetti più significativi emersi da Ecosister riguarda il consolidamento delle relazioni tra gruppi di ricerca e istituzioni del territorio. Molte collaborazioni esistevano già, ma il progetto le ha rese più stabili e le ha ampliate, consentendo a competenze diverse di lavorare

insieme in modo più continuativo. Nel settore agricolo questo è particolarmente importante, perché la complessità dei sistemi produttivi richiede di mettere in comune conoscenze agronomiche, ambientali, microbiologiche, tecnologiche e socioeconomiche. Nessun gruppo da solo possiede l'intero spettro di competenze necessario per affrontare in modo adeguato i problemi della sostenibilità. In Emilia-Romagna sono presenti università, enti di ricerca e strutture tecniche con competenze di alto livello e con storie molto radicate. L'idea non è certo quella di snaturare le identità locali, ma di rafforzare una capacità di azione congiunta. La competizione oggi non si gioca più su scala locale, ma su scala globale. Avere una rete regionale che funziona come un sistema integrato aumenta la capacità di partecipare a progetti europei e internazionali e di attrarre risorse. Ecosister ha mostrato che questo è possibile e che produce benefici per tutti i soggetti coinvolti. Dal punto di vista della ricerca agronomica, la speranza è che il lavoro possa proseguire anche dopo la conclusione del PNRR. Il progetto ha permesso di avviare attività che sarebbe un peccato interrompere. Alcuni percorsi di sperimentazione hanno bisogno di essere seguiti per più anni, soprattutto quando si lavora sulla risposta delle piante agli stress e sulla

valutazione degli indicatori ambientali. Sono temi che richiedono continuità e una visione di lungo periodo.

C'è poi un aspetto che riguarda più in generale il rapporto tra ricerca e territorio. Ecosister ha facilitato il contatto con imprese e soggetti della filiera, creando le condizioni per un trasferimento tecnologico più rapido. Se questo dialogo riuscirà a consolidarsi, potrà generare ricadute concrete non solo dal punto di vista produttivo ma anche sul piano della sostenibilità. Il settore agricolo ha margini di miglioramento importanti e sapere dove intervenire è essenziale. Per farlo servono strumenti di analisi adeguati, ma serve anche una rete che sappia mettere insieme chi fa ricerca e chi opera quotidianamente nei campi e nelle aziende di trasformazione. In questo senso l'esperienza di Ecosister rappresenta una base solida da cui partire. Ha mostrato che l'integrazione tra competenze diverse è realizzabile e produce risultati, e che una collaborazione stabile tra istituzioni può diventare un valore strategico. La prospettiva è che questa modalità di lavoro continui anche oltre la scadenza formale del progetto, così da mantenere e sviluppare il patrimonio di relazioni e conoscenze che si è costruito nel corso degli ultimi anni.

L'impiego delle plastiche riciclate nelle pavimentazioni stradali

Intervista a Gabriele Tebaldi

Gabriele Tebaldi è Professore associato di Costruzione di strade, ferrovie e aeroporti presso l'Università di Parma e componente dello Spoke 5 di Ecosister.

Di cosa si è occupato il vostro progetto di riciclo di plastiche all'interno dello Spoke 5 di Ecosister e perché avete scelto proprio un tipo particolare di plastiche?

Tebaldi: Il cuore del progetto, sia nella sua fase iniziale legata allo Spoke 5 sia nella successiva fase di call interna inter-Spoke con un livello di maturità tecnologica (*Technology Readiness Level*, TRL) più avanzato, è stato l'utilizzo di plastiche riciclate all'interno dei conglomerati bituminosi, con un'attenzione particolare sulla componente plastica derivata dai poliaccoppiati alimentari, ricavata dal processo di recupero dei cartoni per bevande. Spesso queste confezioni vengono chiamate con il nome della principale azienda che le produce, ma in realtà si tratta di un imballaggio composito a base cellulosica utilizzato per il confezionamento di liquidi alimentari e formato da più strati: carta, plastica, un sottile foglio di alluminio e una fibra aggiuntiva lungo la saldatura che garantisce l'impermeabilità del brick. È il classico contenitore del latte, dei succhi di frutta o della

salsa di pomodoro, ottenuto piegando un foglio come un origami e saldandolo su un lato; la fibra che assicura la chiusura rimane inglobata nella parte plastica. Questo materiale proviene da imballaggi per alimenti e la sua produzione segue già standard igienico-sanitari elevati. Questo non elimina la necessità di controlli accurati, ma ci consente comunque di partire da un livello di sicurezza maggiore rispetto ad altre plastiche potenzialmente più problematiche dal punto di vista ambientale. Se avessimo dovuto gestire una plastica con possibili rischi di contaminazione, la complessità del progetto sarebbe aumentata notevolmente. Un altro aspetto decisivo riguarda la sua omogeneità. A differenza delle plastiche miste, estremamente variabili e difficili da industrializzare, la frazione plastica ricavata da questo imballaggio risulta molto più uniforme.

Infatti, il mercato di questo imballaggio è dominato da un grande produttore, quindi i materiali hanno caratteristiche pressoché identiche su vasta scala. Questo riduce enormemente le variabilità e consente di progettare una ricerca orientata fin da subito all'industrializzazione, perché si lavora con una materia prima riciclata che è sorprendentemente stan-

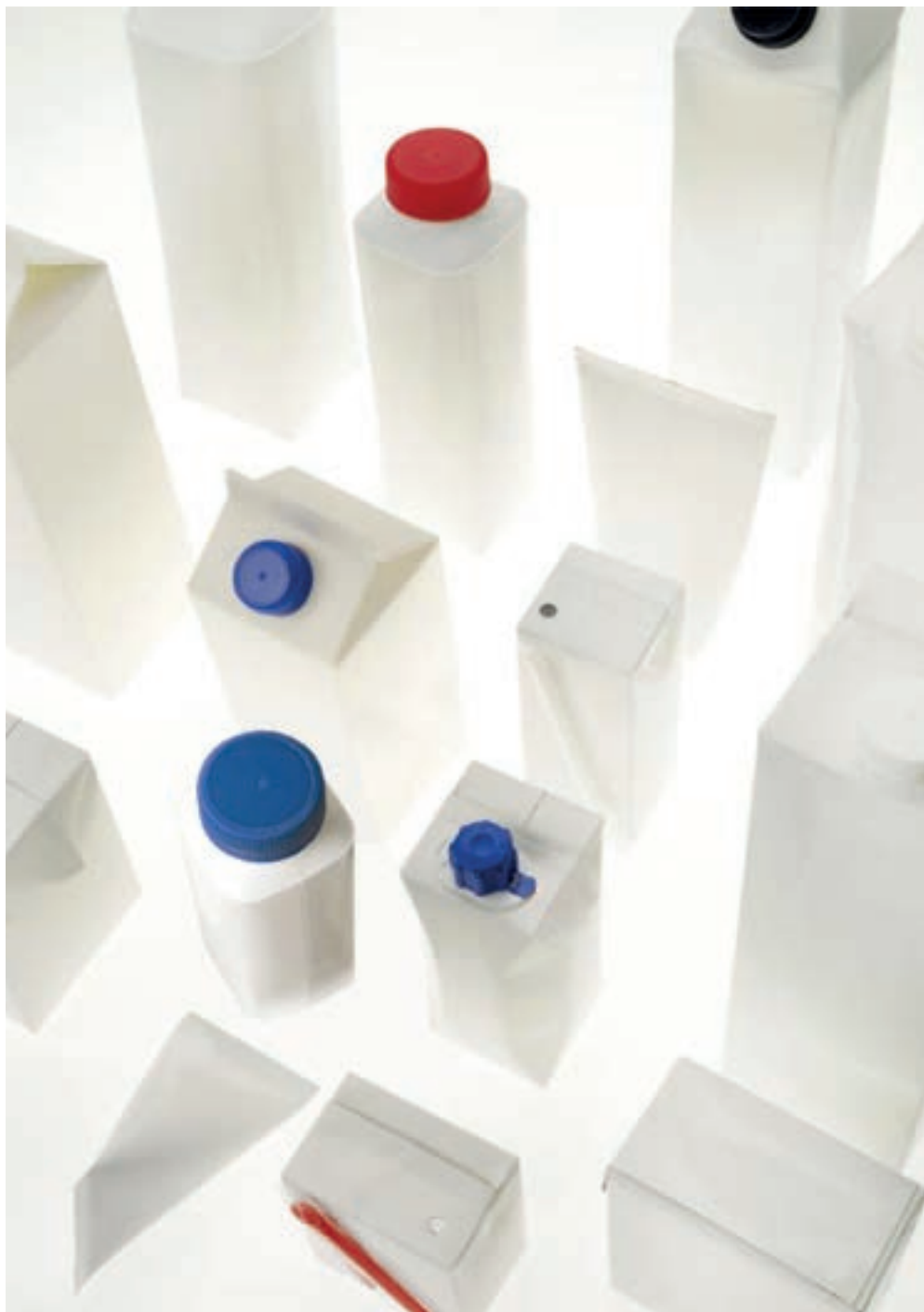
dardizzata. In sintesi, era il candidato ideale: disponibile, crescente nei quantitativi, più sicuro di altri tipi di plastica, e già naturalmente predisposto a offrire la continuità necessaria per sviluppare un processo industriale utilizzabile su larga scala. Questo dipende dal fatto che non viene trattata tramite il normale riciclo delle plastiche, ma attraverso quello della carta tramite raccolta differenziata e successiva selezione, a cui segue il processo di riciclo in cartiera, dove la cellulosa viene separata da plastica e alluminio. La cellulosa viene riutilizzata dalla cartiera per produrre nuova carta mentre la frazione di plastica e alluminio, omogenea per composizione, viene inviata ad uno specifico processo di recupero e valorizzazione. La nostra ricerca, in questo senso, si è avvalsa anche della collaborazione con un'azienda specializzata in questo tipo di recupero, la EcoRevive di Provaglio d'Iseo, che ha reso disponibile questa frazione plastica riciclata in forma costante e controllata.

Come si inserisce questo materiale nel contesto delle pavimentazioni stradali, di cui vi siete occupati, e quali vantaggi offre?

Tebaldi: La plastica riciclata ottenuta dal processo di recupero del packaging alimentare si inserisce nel contesto delle pavimentazioni stradali perché una delle tecniche più consolidate per migliorare le prestazioni del bitume è proprio l'aggiunta di polimeri. Il bitume, che è il legante del conglomerato bituminoso che troviamo nelle pavimentazioni stradali (che comunemente chiamiamo asfalto) è ciò che rimane dopo la raffinazione del petrolio quando vengono sottratte le sue frazioni più volatili come benzina, gasolio e cherosene. Questo materiale presenta una proprietà molto utile, ossia la capacità di cambiare comportamento, da quello di solido a quello di fluido visco-

so, in un intervallo di temperatura relativamente ristretto. Tale caratteristica evita i problemi tipici dei materiali soggetti a forti dilatazioni termiche, come il calcestruzzo, dove è necessario inserire giunti sui ponti per gestire le variazioni dimensionali. Il bitume, invece, quando aumenta la temperatura non genera dilatazioni critiche, perché semplicemente si sposta verso un comportamento più vicino a quello di un fluido, evitando così la necessità dei giunti. Per migliorarne ulteriormente le prestazioni, soprattutto in termini di durabilità, si aggiungono polimeri come lo stirene-butadiene-stirene, il cosiddetto SBS, che rappresenta la base dei bitumi modificati standard. Questi polimeri, però, sono materiali sintetici e prodotti appositamente, con un conseguente impatto ambientale. Da qui nasce l'idea, a livello internazionale, di utilizzare plastiche riciclate come parziale sostituzione dei polimeri tradizionali, con il doppio vantaggio di valorizzare un rifiuto e ridurre l'utilizzo di materie prime nobili. In particolare, quella ottenuta dal riciclo del packaging alimentare, per caratteristiche fisiche e chimiche, è risultata particolarmente adatta per essere studiata per questo tipo di applicazione.

Ovviamente è necessario chiarire che non parliamo di prestazioni pari a quelle dei polimeri sintetici di alta gamma, che rimangono indispensabili per pavimentazioni altamente sollecitate come quelle per autostrade, strade ad elevato flusso di traffico e aeroporti. Tuttavia, per la maggior parte della rete viaria, composta da strade comunali e provinciali, le esigenze sono diverse. Servono materiali resistenti, ma non spinti ai livelli richiesti a un tratto autostradale. In questo contesto, la plastica riciclata offre un miglioramento equivalente a una bassa modifica del bitume, più che sufficiente per garan-



tire buone prestazioni su strade con traffico medio o basso. È proprio in questi contesti che si concentra la maggior parte dei chilometri di pavimentazione: in Emilia-Romagna, per esempio, le strade provinciali e comunali superano largamente, per estensione, quelle autostradali. L'altro grande vantaggio è ambientale: la possibilità di reimpiegare questi materiali nel settore stradale permette non solo di ridurre la quantità destinata a discarica o incenerimento, ma anche di evitare l'uso di polimeri sintetici nuovi, con un risparmio di risorse e una riduzione dell'impatto dell'intera filiera. Inoltre, l'omogeneità del materiale permette di evitare l'incertezza tipica delle plastiche miste, come dicevo, rendendo possibile un riciclo di tipo industriale, prevedibile e ripetibile.

Com'è nato il progetto e come si è evoluto con Ecosister e il PNRR?

Tebaldi: Quando è partito il lavoro all'interno dello Spoke 5 di Ecosister, avevamo già avviato da tempo la fase embrionale della ricerca: stavamo studiando la fattibilità dell'utilizzo della plastica riciclata ottenuta dal riciclo di packaging alimentare all'interno dei conglomerati bituminosi, analizzando i primi comportamenti termo-meccanici del materiale e valutando la sua compatibilità con il bitume. Il PNRR ci ha permesso di compiere un salto di scala, perché grazie al finanziamento abbiamo potuto innalzare il livello di TRL, passando da una fase preliminare di studio a una vera e propria fase di sviluppo. Questo ha significato non solo approfondire la parte scientifica, ma estendere l'idea ad altre tipologie di materie plastiche e iniziare a pensare all'industrializzazione del processo, cioè a come portare il materiale fuori dal laboratorio e dentro un impianto produttivo reale.

In questa transizione si è inserito il progetto interno 3WASPS, che sta per *Advancements in the recycling processes of three common polymeric Wastes in Asphalt Pavements*. Un'iniziativa strutturata che ha coinvolto lo Spoke 5 e lo Spoke 4, con il mio gruppo di ricerca all'Università di Parma come capofila, l'Università di Bologna con la sua unità specializzata nei materiali stradali, e due istituti del CNR. Il primo, quello di Faenza, l'ISSMC (Istituto di Scienza, Tecnologia e Sostenibilità per lo sviluppo dei Materiali Ceramici), si occupa di progettazione, sviluppo e caratterizzazione di materiali ceramici avanzati e a ridotto impatto ambientale, mentre il secondo, lo STEMS (Istituto di Scienze e Tecnologie per l'Energia e la Mobilità Sostenibili) con sede a Napoli, lavora sulla produzione di materiali a valore aggiunto basandosi su processi e tecnologie declinate in contesti di mobilità sostenibile. Era una collaborazione prevista anche dal bando stesso, perché si trattava di un progetto inter-Spoke, con l'obbligo di includere partner provenienti anche dal Sud Italia. Questo ha creato una sinergia articolata, in cui ciascun attore ha sviluppato una parte specifica del progetto, inerente al recupero e riutilizzo di tre scarti: plastica dai packaging alimentari, granulato di gomma da pneumatici fuori uso e filtri utilizzati di sigarette elettroniche. Lo STEMS di Napoli ha lavorato alla produzione degli additivi per le miscele bituminose mediante processi di valorizzazione termica degli scarti (i tre *wastes*), producendo con un solo processo gli oli da utilizzare come agenti ringiovananti nelle miscele contenenti bitume riciclato, e un residuo solido completamente valorizzato come additivo negli aggregati geopolimerici. Il gruppo di lavoro del CNR-STEMS ha inoltre prestato particolare attenzione alla scalabilità e alla ripetibilità dell'approccio, garantendo non

solo la solidità metodologica, ma anche la sua applicabilità in contesti produttivi su larga scala. Il processo è stato ripetuto più volte in condizioni differenti, proprio per verificare la riproducibilità dei risultati e confermare l'affidabilità della metodologia anche in chiave di grosse produzioni industriali. Il CNR di Faenza, invece, ha sviluppato aggregati artificiali tramite geopolimerizzazione, un processo di consolidamento chimico di polveri minerali a bassa temperatura (circa 80 °C). Grazie a questa tecnologia, ISSMC ha prodotto granulati sintetici che incorporano l'intera frazione solida residua derivante dalla termovalorizzazione delle plastiche, rappresentando un concreto esempio di economia circolare. L'approccio globale è in linea con le prescrizioni dei Criteri Ambientali Minimi che impongono l'utilizzo di una quota parte di materiale recuperato.

La parte finale del progetto ha richiesto il coinvolgimento di due aziende fondamentali per testare la fattibilità industriale: Frantoio Fondovalle, che produce conglomerati bituminosi e pavimentazioni, e Valli Zabban, che produce bitumi. Con le nostre indicazioni, queste aziende hanno adattato i loro processi, prodotto le miscele con le tre componenti sviluppate nel progetto e le hanno messe in opera fresando e ricostruendo una porzione del loro piazzale produttivo, trattandolo come un tratto stradale reale. Questa fase è cruciale, perché segna il passaggio dal laboratorio alla produzione su scala industriale. Ora ci troviamo nell'ultima parte del percorso. Abbiamo già prelevato i campioni del materiale prodotto e steso, e stiamo completando le verifiche per confrontare le prestazioni in opera con quelle ottenute in laboratorio. Possiamo dire che gran parte del lavoro è già stato portato a compimento,



perché la fase sperimentale ha confermato la validità delle ipotesi iniziali e la messa in opera non ha mostrato criticità. Rimane solo la chiusura della verifica tecnica, che confermerà definitivamente la coerenza tra i risultati di laboratorio e quelli del processo industriale. In sostanza, l'obiettivo del progetto, cioè elevare il TRL fino alla soglia dell'industrializzazione, è ormai a un passo dalla completa realizzazione.

Com'è stato affrontato il lavoro interdisciplinare e inter-Spoke all'interno di Ecosister?

Tebaldi: La collaborazione è stata assolutamente positiva e, direi, necessaria per arrivare al livello di approfondimento richiesto dall'innalzamento del TRL. Noi a Parma, così come i colleghi dell'Università di Bologna, lavoriamo da sempre nell'ambito dell'ingegneria stradale; quindi, affrontiamo i materiali dal punto di vista delle loro prestazioni meccaniche e funzionali: ci interessa capire come si comportano sotto carico, come reagiscono alle sollecitazioni, quali sono le loro prestazioni nel tempo. La controparte CNR-STEMS che opera a Napoli si è invece occupata della produzione controllata e ripetibile e della caratterizzazione dettagliata dei materiali ad alto valore aggiunto ottenuti dalla valorizzazione degli scarti, integrando competenze di chimica di processo e di chimica analitica. L'ISSMC di Faenza, invece, ha portato le competenze più legate alla scienza e alla tecnologia dei materiali. Il loro contributo è stato importante per progettare aggregati artificiali più avanzati e sostenibili, con un approccio adattato a sistemi complessi e multi-componente come le nostre miscele.

Sono tre prospettive diverse, interdisciplinari e complementari, e il progetto

per raggiungere l'obiettivo di portare un materiale riciclato verso l'industrializzazione aveva bisogno di una giusta integrazione tra le parti. Dal punto di vista organizzativo c'era sicuramente da coordinare gruppi con approcci e linguaggi differenti, ma è stato un dialogo sempre molto produttivo. La parte chimico-fisica ha permesso di studiare in profondità l'interazione tra bitume e plastica riciclata, di verificare che non emergessero incompatibilità o reazioni indesiderate, di individuare con precisione i comportamenti termici del materiale. Parallelamente, la parte ingegneristica ha tradotto questi risultati in valutazioni prestazionali concrete, verificando che le caratteristiche osservate a livello microscopico avessero un riscontro effettivo nelle proprietà meccaniche della miscela. Questa sinergia è ciò che ha reso possibile il passaggio al TRL successivo. Ora manca solo l'ultimo passaggio, quello del cantiere pilota, che non riguarda più l'ambiente protetto del laboratorio o il piazzale di un'azienda, ma un contesto operativo reale, con tutte le variabili di un appalto o di una manutenzione stradale vera e propria. Da un punto di vista tecnico non cambia quasi nulla, ma dal punto di vista operativo rappresenta l'ultimo tassello per completare l'intero percorso, ovvero passare dalla sperimentazione alla pratica quotidiana, dimostrando che il materiale può essere utilizzato da qualunque impresa in condizioni ordinarie.

Quali sono i prossimi passi, anche in relazione alle pubbliche amministrazioni? E in che modo Ecosister vi ha aiutato a raggiungere questi risultati e potrà aiutarvi a sviluppare ricerche future?

Tebaldi: In questo momento la parte scientifica del progetto è sostanzialmente conclusa: abbiamo sviluppato i mate-

riali, li abbiamo caratterizzati, abbiamo verificato le prestazioni in laboratorio e li abbiamo portati all'interno di un processo industriale reale con la produzione e la stesa del conglomerato. Ora inizia una fase diversa, che riguarda meno la tecnologia in senso stretto e molto di più l'applicazione pratica, cioè il passaggio verso il cantiere pilota di cui parlavo prima. Il fatto che quella del cantiere pilota non sia più una prova controllata, ma un intervento vero, inserito all'interno di un contesto amministrativo concreto, comporta il confrontarsi con altre regole, tempistiche e responsabilità. È qui che entra in gioco la necessità di un dialogo con le pubbliche amministrazioni. Per utilizzare questi materiali in opere pubbliche non basta dimostrare che funzionano: occorre predisporre voci di capitolato, prescrizioni tecniche, procedure di controllo qualità, specifiche che consentano a qualunque impresa di produrre e mettere in opera il conglomerato secondo standard chiari. Questo è un punto delicato, perché bisogna evitare che la tecnologia resti confinata a pochi operatori creando, di fatto, un monopolio. Al contrario, deve diventare accessibile e riproducibile da tutto il settore, purché vengano rispettate le indicazioni tecniche definite nella fase preparatoria. Stiamo già avviando dei contatti con amministrazioni interessate, ma questa fase richiede un cambio di prospettiva: ci si sposta dalla ricerca tecnico-ingegneristica a una dimensione tecnico-amministrativa, che comporta l'elaborazione di documenti e norme di riferimento, la definizione dei costi, la comprensione di quanto un'amministrazione può realisticamente investire, e la valutazione della sostenibilità economica per le imprese che producono il materiale. È un passaggio obbligato, perché ogni innovazione, per essere adottata, deve potersi inserire



senza frizioni nella filiera degli appalti pubblici.

Per portare avanti il nostro lavoro il ruolo di Ecosister è stato determinante. Non solo ha finanziato le attività di ricerca, ma ha reso possibile qualcosa che raramente avviene nei progetti ordinari: l'acquisto diretto di attrezzature. Di solito, nei progetti europei o nazionali, le strumentazioni possono essere acquistate solo tramite le quote di ammortamento, che coprono una parte limitata del costo, rendendo spesso impossibile procurarsi macchinari costosi. Invece Ecosister ha permesso a noi, all'Università di Bologna e al CNR, di dotarci di strumenti nuovi, che sono stati fondamentali per questa ricerca e resteranno patrimonio stabile dei laboratori, utili per progetti futuri. Nel nostro caso abbiamo potuto acquisire, tra le altre cose, un simulatore in scala ridotta del traffico veicolare, cioè una macchina che permette di far passare una ruota su un provino di pavimentazione per analizzarne il comportamento nel tempo. Strumenti come questi aumentano la nostra capacità di ricerca sul tema dei materiali riciclati e su tutto ciò che riguarda la durabilità e l'evoluzione delle pavimentazioni. Per questo considero Ecosister un valore aggiunto che continuerà a produrre effetti anche dopo la conclusione formale del progetto: ci ha dato risorse, attrezzature e una rete di collaborazioni che continueremo a utilizzare e sviluppare. Per quanto ci riguarda, questo ambito di ricerca proseguirà sicuramente. Abbiamo dimostrato che la plastica riciclata può essere trasformata in risorsa utile per le pavimentazioni stradali, e ora il compito è accompagnare questo risultato verso l'adozione operativa, affinché possa diventare una soluzione davvero integrata nella pratica quotidiana della manutenzione stradale.

Dati e supercalcolo per la transizione ecologica: l'esperienza dello Spoke 6

Intervista a Roberto De Renzi e Alice Ruini

Roberto De Renzi è Professore ordinario di Fisica presso l'Università di Parma; Alice Ruini è Professoressa ordinaria di Fisica presso l'Università di Modena e Reggio Emilia. Roberto De Renzi e Alice Ruini sono Coordinatori dello Spoke 6 di Ecosister.

Negli ultimi anni, il tema della transizione ecologica e dell'uso delle tecnologie digitali per la sostenibilità è diventato centrale anche nella ricerca scientifica. In questo quadro, lo Spoke 6 – “Ecological transition based on HPC & data technology” rappresenta uno dei nodi più significativi, per il suo obiettivo di integrare il supercalcolo e la gestione dei dati nei processi di innovazione ambientale. Come si è sviluppato il vostro lavoro e come si è inserito all'interno dell'ecosistema?

De Renzi/Ruini: Uno degli aspetti più interessanti di questo Spoke è che nasce perché l'Emilia-Romagna è la sede di un'altra iniziativa strategica del PNRR: Il Centro Nazionale di Ricerca in HPC, Big Data e Quantum Computing dove è presente il “supercomputer” Leonardo. Si tratta di una struttura di grande rilievo, figlia di una comprovata competenza regionale, rappresentata da CINECA e CNAF-INFN, che ha consentito la creazione di un grande centro nazionale di riferimento, riconosciuto a livello europeo.

Questa strategia ha consentito di attirare efficacemente fondi europei e di ottenere in Italia il secondo più potente supercomputer del continente, Leonardo. Il supercalcolo è uno strumento fondamentale, ormai ben noto per le sue applicazioni strategiche. Il PNRR ha contribuito in modo significativo a consolidare questa iniziativa, facendo interagire le principali realtà che già utilizzano il supercalcolo in ambito accademico, di ricerca e, in parte, industriale. Per ragioni organizzative, è stato necessario limitare il numero dei partecipanti, e così alcuni atenei come Parma e Modena non sono stati inclusi nella prima fase. Tuttavia, poiché si tratta di un progetto di grande valore regionale oltre che nazionale e internazionale, è nato questo Spoke, in cui il calcolo ad alte prestazioni riguarda applicazioni legate alla transizione ecologica, alla sostenibilità e alle tecnologie green.

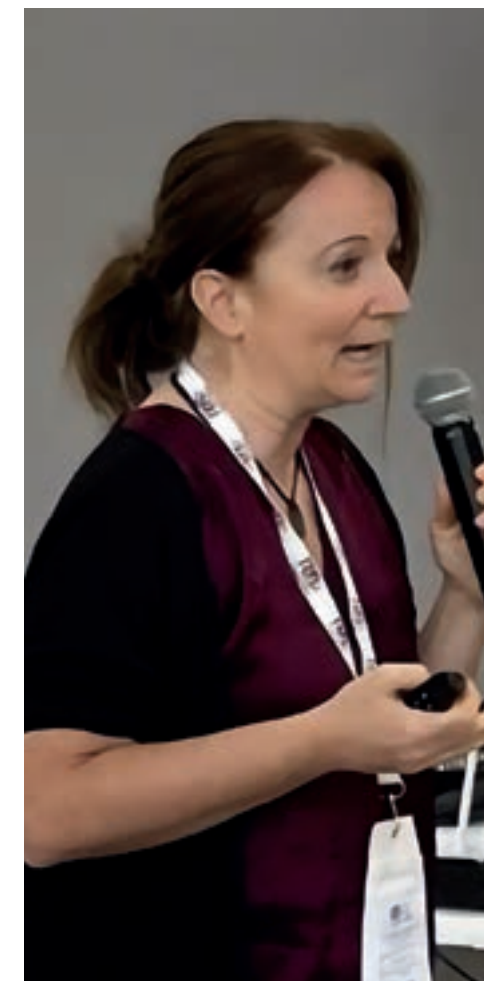
Un nostro importante riferimento è dunque il Centro Nazionale, che ha l'esigenza di ampliare la base di utilizzo delle proprie risorse, in modo che il Paese possa davvero sfruttare le potenzialità del supercalcolo come leva di innovazione. Il nostro Spoke ha un'articolazione più contenuta rispetto al Centro, ma focalizzata su tre ambiti: materiali, dispositivi

per sistemi sostenibili e gestione delle risorse naturali. I temi dei dispositivi e delle risorse naturali sono più vicini all'ingegneria, coinvolgendo quindi prevalentemente ingegneri, ma anche fisici, matematici ed economisti. Il filone sui materiali, invece, è più vicino alla ricerca scientifica di base e coinvolge soprattutto fisici e chimici. In questo campo Modena rappresenta un'eccellenza nazionale ed è già parte di una rete europea di grande rilievo. Anche Parma si è avvicinata a que-

sto percorso con le proprie linee di ricerca di eccellenza.

Come avete individuato i tre Work Package che hanno guidato il vostro lavoro?

De Renzi/Ruini: Il Centro Nazionale è articolato in dieci Spoke, e i nostri tre Work Package si sovrappongono in modo naturale a tre di questi, già citati: quello sui materiali, quello sui dispositivi e quello sulla gestione delle risorse natura-





li. Non potevamo avere dieci Work Package, per una questione di massa critica e di coerenza interna. Abbiamo dovuto selezionare competenze già esistenti, solide e ben strutturate all'interno dei nostri atenei regionali e riconosciute a livello internazionale.

Ci sono poi anche aspetti più tecnico-politici legati al funzionamento del PNRR. In particolare, la Regione, nell'ambito dei bandi "Ecosistemi dell'Innovazione", ha deciso di valorizzare temi come la sostenibilità ambientale e l'economia circolare; escludendo il settore della sanità, che è uno dei campi più rilevanti del Centro Nazionale. In sanità, si stanno sviluppando applicazioni importantissime basate su intelligenza artificiale e *high performance computing* e importanti sviluppi vengono sperimentati anche a Parma e Modena, ma il punto focale di Ecosister le ha escluse dal nostro Spoke. In Emilia-Romagna siamo particolarmente forti in tre aree di interesse green – materiali, dispositivi e gestione delle risorse naturali. Su queste linee è ricaduta la scelta per i nostri Work Package. Altre linee di ricerca molto attive nei nostri atenei hanno trovato collocazione in altre iniziative del PNRR. Un esempio è rappresentato dalla *quantum science and technology*, che rientra in un partenariato specifico dedicato a quel tema. I tre Work Package che abbiamo individuato si fondano in definitiva su basi solide e consolidate presenti nei nostri atenei e rappresentano ambiti forti e strategici su cui costruire.

Il primo Work Package, dedicato ai materiali, su cosa ha lavorato nello specifico?

De Renzi/Ruini: Il primo Work Package si è concentrato sul design computazionale dei materiali, una ricerca che è al cuore dell'innovazione tecnologica,

perché la maggior parte dei dispositivi – in diversi settori applicativi – si basa proprio sulle proprietà dei materiali. È quindi fondamentale non solo comprenderne le caratteristiche, ma anche progettare nuovi materiali innovativi, con prestazioni ottimizzate in funzione delle applicazioni e con un minore impatto ambientale. L'approccio che adottiamo combina metodi teorico-computazionali, basati su una descrizione quantistica della materia, a partire dai suoi costituenti elementari, gli elettroni, con lo sviluppo e l'ottimizzazione dei codici di calcolo che sfruttano molto efficacemente la straordinaria potenza di calcolo del supercomputer Leonardo, un sistema in grado di eseguire fino a 250 milioni di miliardi di operazioni al secondo (la cosiddetta pre-exascale). L'unione tra metodi avanzati e questa straordinaria potenza computazionale ci consente di prevedere, progettare e ingegnerizzare nuovi materiali.

All'interno di questo Work Package ci occupiamo in particolare di tre linee principali. La prima riguarda la progettazione di nuovi materiali, in cui utilizziamo tecniche di *high-throughput computing* per simulare un gran numero di materiali con proprietà attese simili e selezionare quelli più promettenti. In laboratorio sarebbe impossibile sintetizzare altrettante composizioni. Per accelerare le fasi di calcolo più lunghe si utilizzano nuove tecniche di machine learning, nelle quali si chiede al supercomputer di sfruttare l'analogia con i casi noti. Questi strumenti ci permettono di identificare le combinazioni di atomi che generano le proprietà desiderate. Un esempio emblematico riguarda la ricerca di materiali magnetici alternativi alle cosiddette "terre rare", oggi concentrate in pochi Paesi come la Cina. In particolare, simuliamo strutture

contenenti più elementi chimici per verificare se possano sostituire tali materiali, riducendo la dipendenza strategica e l'impatto ambientale. Si tratta di problemi complessi, che richiedono milioni di simulazioni e dunque la potenza dell'high performance computing.

La seconda linea riguarda le applicazioni pilota nel settore energetico, dove progettiamo e testiamo applicazioni dimostrative per mostrare l'efficacia di questi metodi. Tra gli esempi su cui lavoriamo ci sono l'ottimizzazione degli anodi per batterie al litio, con l'obiettivo di migliorarne la durata e ridurre l'impatto ambientale, e lo sviluppo di OLED, gli emettitori di luce degli schermi più brillanti di telefonini e televisori, basati su molecole organiche più efficienti per aumentare la durata della batteria. L'obiettivo è integrare i metodi atomistici di simulazione con il supercalcolo, per produrre risultati tangibili nel campo dell'energia e dei materiali avanzati.

Infine, l'ultima linea è quella delle spettroscopie computazionali utilizzate per simulare direttamente le misure sperimentali delle proprietà di interesse dei materiali. Quando si effettua una misura spettroscopica, si invia una "sonda" (un fascio di luce, di elettroni, di altre particelle) sul materiale e si analizza la sua risposta, che dipende dalle proprietà di interesse, ma purtroppo non le rivela direttamente. È invece possibile ottenerle dal modello teorico attraverso il calcolo diretto, ad alte prestazioni, della risposta nell'esperimento simulato. In questo modo il confronto valida esplicitamente il modello, e questo consente di moltiplicare il valore informativo degli esperimenti e di comprendere meglio il comportamento dei materiali.

Ricerche analoghe vengono portate avanti in molti Paesi, e il nostro contributo si inserisce in una rete internazionale di collaborazioni. Grazie al PNRR possiamo quindi integrare i progetti europei già attivi con una gestione coordinata delle risorse di calcolo e delle competenze italiane. Questo tipo di attività si colloca in una fase di ricerca avanzata, pre-industriale. Anche se in alcuni settori, come quello dei semiconduttori, pochi colossi multinazionali sono già più avanti della stessa ricerca di base, e spesso dispongono di propri supercomputer dedicati, l'interazione tra ricerca accademica e industria in generale è destinata a rafforzarsi, proprio grazie alle potenzialità del supercalcolo e della spettroscopia digitale, che permettono di accelerare la scoperta e l'ottimizzazione dei nuovi materiali.

La seconda linea di ricerca, il Work Package 2, si è occupato, come detto, dei dispositivi per sistemi sostenibili. Come si è strutturato?

De Renzi/Ruini: Il Work Package 2 si articola su due linee principali che riguardano applicazioni di dimensioni diverse tra loro, entrambe ben maggiori della scala atomica. La prima linea riguarda la simulazione e l'ottimizzazione di dispositivi elettronici, basati sullo stesso genere di materiali sviluppati nel WP1. L'obiettivo è progettare dispositivi e circuiti, che possano trovare applicazione in diversi settori, come componenti elettronici ad alta efficienza e minore consumo energetico degli attuali. In questo ambito si studiano le geometrie e le configurazioni ottimali per massimizzare le prestazioni dei dispositivi, con un'attenzione particolare alla riduzione dei consumi e all'efficienza complessiva. Un esempio di successo del WP 2 è stata una soluzione brillante suggerita dalla simulazione

e dall'uso di appositi dispositivi smart per contrastare il malfunzionamento dei pannelli fotovoltaici quando parte della superficie è in ombra, ad esempio al passaggio di piccole nubi. Questo risultato è stato validato da un prototipo realizzato in associazione con Spoke 3, un esempio brillante di collaborazione tra diverse competenze di Ecosister. Questo e altri risultati hanno riscosso l'interesse di industrie leader nel settore.

La seconda linea di WP2 è dedicata alle simulazioni di fluidodinamica computazionale (CFD), con particolare riferimento all'ottimizzazione di oggetti molto grandi, come le turbine eoliche. L'obiettivo è comprendere e sfruttare al meglio i flussi d'aria vicino alle loro superfici per migliorare le prestazioni e l'efficienza energetica delle turbine, ottimizzando forma e caratteristiche strutturali. All'interno di questa stessa linea di ricerca, un gruppo si occupa anche dello studio dell'interazione tra atmosfera e onde marine, fenomeno complesso che ha profonde ripercussioni sulla meteorologia. Si tratta di uno dei fenomeni naturali più difficili da prevedere, la turbolenza, che è fondamentale non solo per la progettazione di infrastrutture e dispositivi energetici, ma anche per migliorare la qualità delle previsioni meteorologiche e supportare strategie di mitigazione climatica. È noto, infatti, che con il cambiamento climatico le previsioni meteo sono diventate meno accurate: questo perché i nuovi regimi atmosferici sono dominati da fenomeni di turbolenza sempre più intensi. La turbolenza rappresenta una delle sfide più difficili per la fisica e la matematica. Questo perché le equazioni che la descrivono, le celebri equazioni di Navier-Stokes, sono tuttora oggetto di studio e sono di grande complessità teorica e computazionale. Poiché risolvere anali-

ticamente queste equazioni è impossibile, l'approccio più efficace resta la simulazione numerica ad alte prestazioni, che consente di riprodurre i comportamenti dei fluidi in condizioni reali.

E rispetto all'ultimo, il Work Package 3, come vi siete occupati della gestione delle risorse naturali? Come si collega alle altre due linee di ricerca?

De Renzi/Ruini: Nel Work Package 3 il tema dei fluidi è ancora centrale, ma dall'aria si passa all'acqua che è al centro di molte linee di ricerca. Vengono affrontati problemi che condividono lo stesso tipo di equazioni e una complessità simile a quella del Work Package 2. Uno degli ambiti principali riguarda la predizione degli eventi di inondazione, un problema molto rilevante non solo in Emilia-Romagna, ma ormai in tutto il mondo. Si tratta di un'attività che coinvolge diversi gruppi di ricerca impegnati nello sviluppo di modelli in grado di prevedere con maggiore accuratezza le piene e gli allagamenti nel breve e medio periodo. I ricercatori che lavorano su questo tema collaborano strettamente con l'Autorità di bacino distrettuale del fiume Po e con altri enti civili che in regione hanno un ruolo chiave nella gestione del rischio idraulico. Nel Work Package 3 sono però attive anche altre linee di ricerca. Una di queste riguarda l'interpretazione delle immagini satellitari, ormai sempre più accessibili, utilizzate per ottimizzare la gestione agricola e delle coltivazioni. L'obiettivo è integrare le informazioni ottenute dalle immagini con i dati sulle pratiche agricole – come la concimazione o l'irrigazione – per migliorare l'efficienza e ridurre l'impatto ambientale.

Un altro ambito di lavoro è lo studio della contaminazione delle acque nel suolo, che

richiede simulazioni complesse e ad alta intensità di calcolo. In questo campo il nostro gruppo sta sviluppando tecnologie di modellizzazione molto avanzate, capaci di descrivere il comportamento dei fluidi e dei contaminanti nel sottosuolo. Infine, un ulteriore filone di ricerca riguarda le cosiddette reti trofiche, ovvero gli ecosistemi terrestri o marini, come quelli dell'Adriatico, in presenza di attività umane. Che le reti trofiche subiscano brusche alterazioni è evidente dall'impatto del granchio blu, che ha alterato in modo significativo l'equilibrio dell'ecosistema adriatico. Anche qui le simulazioni al supercalcolatore permettono di analizzare sistemi complessi a una scala intermedia, utile per comprendere le dinamiche ecologiche, ad esempio quelle legate alla pesca o alla coltivazione.

Molte di queste applicazioni si trovano per ora a un livello di maturità tecnologica relativamente basso (ovvero a basso TRL, Technology Readiness Level), ma alcune presentano già connessioni dirette con gli utilizzatori finali. È il caso della previsione delle inondazioni o delle simulazioni delle reti trofiche, che interessano soggetti come l'Autorità del Po o Federpesca. Per alcune di esse vanno ricordate altre azioni nell'ambito del PNRR, più mirate, che rafforzano la sinergia tra ricerca e applicazioni reali.

Rispetto al trasferimento tecnologico, abbiamo visto come alcune progettualità sono interessanti per le pubbliche amministrazioni per gli impatti reali che possono avere sulle comunità locali e per le imprese. Qual è stata la relazione all'interno della rete, tra imprese e pubbliche amministrazioni, e tra i diversi Spoke? Quanto è stato importante avere un team eterogeneo e interdisciplinare?

De Renzi/Ruini: Esempi concreti di interazione sono stati evidenziati nel wor-

kshop finale dello Spoke 6, dove sono stati coinvolti diversi rappresentanti del mondo produttivo. Tra questi, figure di rilievo di aziende come Applied Materials e Infineon Technologies, attiva nel campo dei semiconduttori per l'elettronica. Questo fatto testimonia come, pur partendo da ricerche di base, teniamo sempre presente l'obiettivo di un impatto reale e applicativo. Per quanto riguarda invece le pubbliche amministrazioni, i collegamenti sono particolarmente forti nell'ambito del Work Package 3, come abbiamo visto, ad esempio con l'Autorità del Po e con altri enti regionali che si occupano della gestione del territorio e del rischio idrogeologico.

Dal punto di vista della rete e delle collaborazioni tra gli Spoke, nella fase finale del progetto Ecosister – anche per obblighi previsti dai bandi del PNRR – sono stati attivati bandi aperti non solo al personale interno. Poiché questi bandi non hanno utilizzato l'intero bilancio previsto, si è deciso di riaprirli anche a collaborazioni inter-Spoke. Un esempio è il progetto congiunto tra lo Spoke 6 e lo Spoke 3, finalizzato allo sviluppo del dispositivo per pannelli fotovoltaici citato in precedenza che combina competenze di simulazione (da parte nostra) e di realizzazione (da parte loro).

In generale, l'intero progetto Ecosister è molto ampio e coinvolge oltre ottocento ricercatori, tra personale nuovo e già in organico. Ciascuno di loro porta avanti linee di ricerca che spesso prevedono contatti diretti con aziende o enti pubblici. Tuttavia, questi rapporti sono normalmente di tipo puntuale, point to point, tra due interlocutori specifici, e quindi non facilmente generalizzabili all'intero progetto. Nonostante questo, sono nate diverse collaborazioni tra Spoke e

tra Work Package. Ad esempio, il nostro gruppo, che si occupa di materiali, ha pubblicazioni in comune con lo Spoke 1 e ha collaborato anche con lo Spoke 2 per la simulazione e l'ottimizzazione di catalizzatori. Analogamente, si sono sviluppate sinergie interne tra il Work Package 1 e il Work Package 2, in particolare per l'ottimizzazione dei dispositivi elettronici che si basano sulle prestazioni dei materiali studiati nel primo WP.

Abbiamo cercato di favorire queste collaborazioni senza forzarle, ma valorizzando le occasioni naturali di incontro e scambio. Dal nostro punto di vista, questo approccio riflette quella che definiamo multiscale physics: un lavoro che parte dalla scala atomica, passa attraverso vari ordini di grandezza, fino ai micron e ai millimetri, per arrivare alla grande scala di alcuni dispositivi meccanici. Per ottenere risultati solidi, infatti, è necessario simulare e integrare tutte queste scale. In questo senso, l'interdisciplinarietà è un valore fondamentale del nostro Spoke, dove lavorano insieme fisici, chimici, matematici, ingegneri e geologi, e si cerca costantemente di favorire la comunicazione e la collaborazione tra competenze diverse. Questo è stato un elemento chiave per la qualità e la ricchezza dei risultati raggiunti.

In tutto questo percorso, quali sono state le principali difficoltà che avete incontrato e quali insegnamenti avete tratto dal progetto, che potrebbero guidare le prossime fasi? Guardando al futuro, come vi aspettate che proseguirà la ricerca?

De Renzi/Ruini: È una domanda molto importante. In Italia siamo abituati a un modello di finanziamento della ricerca che potremmo definire "stop and go": i fondi arrivano a ondate, poi si interrom-

pono per un periodo e ripartono più avanti. È un sistema molto inefficiente, anche se ormai lo conosciamo bene. Con il PNRR, al contrario, abbiamo vissuto una fase eccezionale, con una disponibilità di risorse che difficilmente si ripeterà nel breve periodo. Ora però stiamo tornando a un regime in cui dovremo procurarci autonomamente i finanziamenti, senza il sostegno straordinario che abbiamo avuto finora. La conseguenza è che l'unica via percorribile sembra quella dei bandi europei, perché a livello nazionale le risorse per la ricerca restano scarse, molto frammentate e disponibili solo in alcuni settori. Se è vero che questo è un limite importante, è altrettanto importante il fatto che la Regione Emilia-Romagna abbia sempre dimostrato attenzione verso la ricerca e l'innovazione, e sia stata una delle regioni europee di maggior successo nel procacciarsi e spendere efficientemente i fondi europei, pur senza disporre ovviamente di fondi propri sufficienti per compensare le carenze al livello nazionale. La Regione mantiene un forte interesse nel sostenere la produttività e le eccellenze scientifiche regionali, come il calcolo ad alte prestazioni, e su questo confidiamo che si possano ancora creare sinergie virtuose tra le istituzioni e la comunità scientifica.

Finora, il progetto è andato molto bene. Abbiamo avuto più risorse del solito, sia economiche sia umane, e questo ci ha permesso di formare nuovi ricercatori e potenziare i gruppi di lavoro. Il PNRR è nato in un periodo particolare, che ha permesso di mobilitare risorse straordinarie e avviare progettualità ambiziose, e ha rappresentato una svolta: oltre il 10% dell'intero piano di ripresa e resilienza è stato destinato alla ricerca. È stata una scelta lungimirante, che ha riconosciuto la capacità dei ricercatori italiani di uti-

lizzare e rendicontare in modo efficiente i fondi ricevuti. Credo che questa parte del PNRR sarà una delle più virtuose in termini di risultati e trasparenza. Tuttavia, resta una criticità: molte delle persone formate attraverso il PNRR, una volta concluso il progetto, non trovano una stabilizzazione nel sistema della ricerca italiana e tornano sul mercato del lavoro, spesso all'estero. È una perdita importante di competenze e un segnale che dovremmo affrontare con maggiore serietà. Ma senza un piano di continuità, è difficile mantenere nel tempo i risultati ottenuti.

C'è poi una riflessione più ampia. Tradizionalmente, la politica italiana, con l'eccezione di alcune realtà regionali, ha riservato poca attenzione alla ricerca scientifica. Ricordiamo episodi in cui fondi destinati alla ricerca sono stati dirottati altrove per far fronte a emergenze contingenti, legittime ma non equivalenti in termini di impatto strategico. Quando c'è una visione politica intelligente, investire nella ricerca è sempre una scelta che ripaga. In Italia, purtroppo, questa consapevolezza non è ancora diffusa quanto dovrebbe, ma speriamo che esperienze come questa possano servire da esempio per il futuro.



High performance computing per la progettazione di dispositivi d'avanguardia

Intervista a Luca Selmi

Professore ordinario di Elettronica presso l'Università di Modena e Reggio Emilia e componente dello Spoke 6 di Ecosister.

Il suo ruolo all'interno dello Spoke 6 è stato quello di coordinare la ricerca nel Work Package 2. Di cosa vi siete occupati?

Selmi: Il Work Package 2 ha avuto come obiettivo principale lo studio e lo sviluppo di dispositivi e componenti d'avanguardia, e si è collocato in un punto di snodo della struttura dello Spoke 6, perché rappresenta il livello in cui i materiali innovativi, studiati nel WP1, vengono trasformati in dispositivi capaci di esprimere funzioni complesse, utili tanto alle tecnologie dell'informazione quanto a quelle industriali ed energetiche. Il mio compito è stato quindi quello di promuovere il lavoro scientifico e organizzativo che permette di collegare la ricerca di base sulle proprietà dei materiali con la progettazione, la simulazione e la sperimentazione di dispositivi concreti. Gli ambiti di ricerca di cui ci si è occupati in WP2 coprono un arco molto ampio. Da un lato ci siamo concentrati sull'elettronica e sulla fotonica, ambiti in cui l'Università di Modena e Reggio Emilia ha una lunga tradizione di competenze. Qui l'obiettivo era capire come progettare tra-

mite la simulazione transistor e circuiti sempre più energeticamente efficienti e affidabili, tenendo conto delle sfide legate alla miniaturizzazione, ai consumi energetici e ai fenomeni termici, che diventano sempre più critici man mano che aumenta la complessità dei calcoli richiesti. Dall'altro lato, abbiamo lavorato su componenti destinati alla generazione energetica, come pale, turbine e pannelli fotovoltaici, in collaborazione con l'Università di Parma, con l'intento di comprendere e ottimizzare fenomeni aerodinamici e fluidodinamici e di integrare forme sofisticate di intelligenza elettronica in sistemi di produzione energetica rinnovabile e in dispositivi indossabili.

Il cuore del nostro lavoro è stato l'impiego del calcolo scientifico e delle risorse di *High Performance Computing* (HPC) messe a disposizione dallo Spoke 6. La simulazione, in questa prospettiva, non è un semplice supporto alla progettazione, ma una vera e propria metodologia di ricerca che permette di prevedere il comportamento dei dispositivi prima ancora che vengano realizzati. Questo approccio consente di ridurre la dipendenza da prove sperimentali costose e lunghe, e di individuare in anticipo i limiti e le opportunità dei diversi design. Una parte

significativa dell'impegno di WP2 è stata proprio nella direzione di valorizzare questa cultura della simulazione anche nelle aziende coinvolte, affinché la modellazione numerica diventasse uno strumento integrato nei loro processi di innovazione.

Quali sono state le principali attività portate avanti nel WP2 e quali obiettivi scientifici e tecnologici vi siete posti?

Selmi: Le attività del WP2 sono state progettate per affrontare in modo sistematico l'intero percorso che va dal comportamento dei materiali alla realizzazione di dispositivi e sistemi completi. In questo senso, il WP2 si configura quasi come una cerniera tra la ricerca di base e le applicazioni, e tutte le attività sono state concepite con l'idea di esplorare in profondità ciò che avviene dentro i componenti elettronici e, allo stesso tempo, di aprire nuove possibilità per l'impiego di quei componenti in contesti operativi reali.

Una prima linea di attività ha riguardato la simulazione e la progettazione dei transistor e dei circuiti di nuova generazione. L'obiettivo era duplice: da un lato capire come ridurre l'auto-riscaldamento, che è oggi uno dei principali ostacoli alla miniaturizzazione e all'efficienza energetica; dall'altro affrontare i problemi di affidabilità, che diventano critici proprio quando un dispositivo è sottoposto a carichi di lavoro e deve esprimere alte prestazioni. Questi fenomeni richiedono un livello di dettaglio computazionale molto elevato, e buona parte del lavoro è consistita nel costruire modelli accurati in grado di descriverli e di prevedere come evolveranno nel tempo. Una seconda attività, condotta principalmente dal gruppo del Professor Puglisi, è stata dedicata allo sviluppo di workflow

completi per la progettazione di circuiti innovativi basati su architetture neuro-morfiche. L'idea alla base di questo filone è che, se vogliamo disporre di circuiti in grado di eseguire compiti complessi consumando pochissima energia, dobbiamo ripensare l'intero processo progettuale e partire da paradigmi di calcolo che imitano la straordinaria efficienza del cervello umano. Questo ha richiesto lo sviluppo di strumenti di simulazione integrati, capaci di collegare dispositivi, circuiti e algoritmi, e rappresenta uno dei contributi metodologici più importanti del WP2.

Accanto a queste attività più teoriche e modellistiche, ne abbiamo portate avanti altre di natura più applicativa. Tra queste, la progettazione di dispositivi indossabili intelligenti. Con il Professor Benatti, responsabile di questa linea di ricerca, è stato sviluppato un bracciale elettromiografico in grado di interpretare i segnali muscolari delle dita, trasformandoli in comandi digitali, e un sistema per elettrocardiografia continua con capacità di analisi dei segnali basata su algoritmi di intelligenza artificiale. Questo tipo di soluzione può contribuire a nuove forme di monitoraggio della salute, più personalizzate, meno invasive e più accessibili, integrando direttamente nei dispositivi una forma di intelligenza "in locale", riducendo la dipendenza dal cloud e aprendo la strada a soluzioni più autonome, più rapide e più sicure dal punto di vista della gestione dei dati. Un'ulteriore direzione nell'ambito delle tecnologie dell'informazione ha riguardato lo studio, da parte del Professor Rosa, delle connessioni ottiche a nucleo vuoto, una tecnologia emergente che permette di trasmettere segnali ad altissima velocità con consumi ridotti. È un tema particolarmente rilevante per i data center, dove l'efficienza energetica delle

interconnessioni tra server è ormai una delle sfide principali. WP2 infine ha prodotto risultati di rilievo anche nel campo dell'ingegneria industriale. Il gruppo dei Professori Stalio e Cimarelli ha sviluppato calcoli di carattere fondamentale per caratterizzare le interazioni del vento con onde e pale, svelando aspetti inediti utili a migliorare la progettazione industriale.

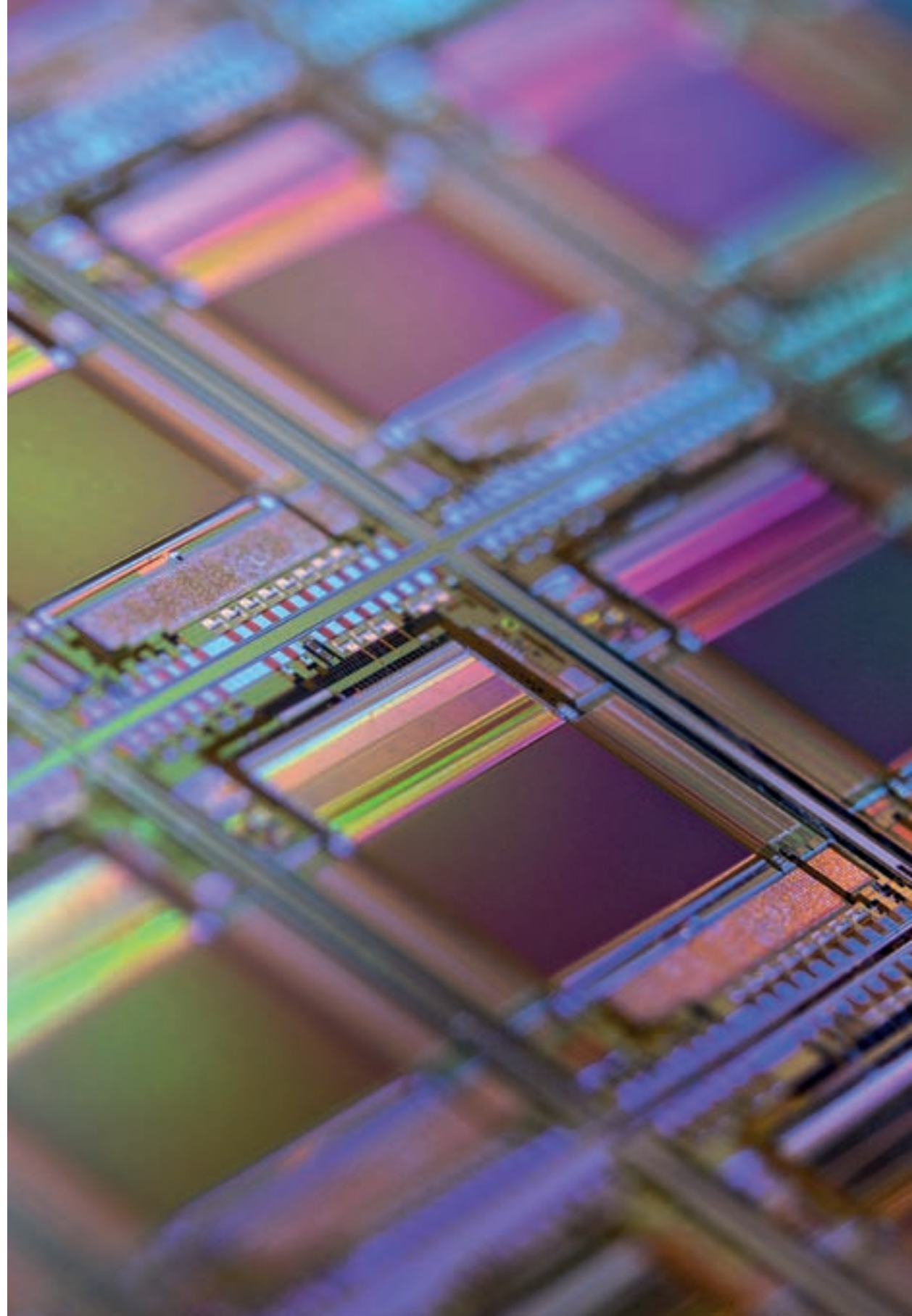
Quali risultati concreti sono emersi dalle vostre ricerche e in che modo hanno coinvolto o interessato le aziende partner?

Selmi: I risultati ottenuti nel WP2 hanno mostrato come la simulazione scientifica, se impiegata in modo sistematico, possa trasformarsi in un motore di innovazione anche in contesti complessi come la microelettronica, la fotonica e le tecnologie per l'energia. Uno dei traguardi più significativi riguarda una collaborazione con un importante partner internazionale del settore microelettronico. Grazie a simulazioni fisiche estremamente dettagliate, abbiamo individuato una variante progettuale in grado di migliorare allo stesso tempo le prestazioni e l'affidabilità di un tipo di transistor molto utilizzato negli amplificatori radio ad alta efficienza, come quelli necessari per gli standard di comunicazione più moderni. L'elemento più rilevante è stato il fatto che l'azienda abbia scelto di realizzare fisicamente la variante da noi suggerita. I risultati sperimentali hanno confermato le previsioni ottenute tramite simulazione, un esito tutt'altro che scontato in un settore dove le simulazioni sono diffuse ma non sempre arrivano a influenzare le scelte progettuali. Questo lavoro congiunto è stato accettato per la presentazione nella conferenza più prestigiosa del nostro ambito e sarà esposto a dicembre a San Francisco, a testimonianza del suo valore scientifico e industriale.

Un altro risultato di rilievo riguarda un progetto dal titolo Energy Efficient Embedded Electronics for PhotoVoltaics (E4PV), finanziato attraverso il bando a cascata di Ecosister e sviluppato insieme all'Università di Parma, al CNR di Catania e con il supporto tecnologico di Infineon e 3SUN. In questo caso abbiamo affrontato un problema ben noto nel settore fotovoltaico: la forte perdita di efficienza che si verifica quando un pannello è soggetto a ombreggiamenti parziali e imprevedibili. La risposta è stata la progettazione e realizzazione di una scheda elettronica "intelligente", dotata di componentistica d'avanguardia e di un microcontrollore, capace di gestire dinamicamente le variazioni dell'irraggiamento in modo da massimizzare la produzione energetica. Questo dispositivo introduce, di fatto, una forma di intelligenza locale nel pannello fotovoltaico, rendendolo più autonomo e adattivo. Il lavoro è il frutto di un'integrazione molto stretta di competenze: l'Università di Modena ha fornito le simulazioni termiche e affidabilistiche necessarie per garantire un funzionamento stabile del sistema; Parma ha curato la progettazione e realizzazione circuitale; il CNR ha messo a disposizione i propri impianti per testare le schede in condizioni reali. Il fatto che i test sul campo siano già iniziati con risultati molto promettenti suggerisce che il prototipo potrebbe trovare spazio in una filiera industriale già consolidata, soprattutto considerando la quantità enorme di impianti fotovoltaici già installati che potrebbero beneficiare di un aggiornamento intelligente.

Quale valore ha portato l'approccio interdisciplinare e la collaborazione tra più realtà?

Selmi: La collaborazione, anche con gli altri Spoke di Ecosister, è stata un ele-



mento importante del nostro lavoro, non solo perché ha arricchito le competenze tecniche a disposizione, ma anche perché ha permesso di far dialogare livelli diversi della filiera dell'innovazione, dal materiale al dispositivo, dal circuito al sistema, fino alle applicazioni industriali. Uno degli aspetti più interessanti dello Spoke 6 è proprio la sua natura intrinsecamente trasversale: il calcolo scientifico e l'HPC non appartengono a un settore specifico, ma sono strumenti che possono accelerare la ricerca in molte direzioni. L'esempio più evidente di collaborazione è rappresentato dai progetti come E4PV, di cui parlavo, esplicitamente pensati all'interno di Ecosister per stimolare iniziative interdisciplinari e inter-spoke. In quel caso la collaborazione ha coinvolto realtà appartenenti allo Spoke 6, allo Spoke 3 e gruppi del CNR di Catania inizialmente non presenti nel consorzio. Questa sinergia ha permesso di affrontare un problema complesso con una soluzione che nessun gruppo, da solo, avrebbe potuto sviluppare.

L'interdisciplinarietà si è manifestata anche in altre linee di ricerca del WP2, come quelle dedicate ai circuiti neuromorfici. In questo caso la connessione non era tanto con gli Spoke dell'energia, quanto con gruppi vicini ai materiali e alle architetture computazionali. La simulazione di nuovi dispositivi ispirati al funzionamento del cervello umano richiede infatti una combinazione rara di competenze: fisica dei semiconduttori, progettazione elettronica circuitale, neuroscienze computazionali e metodologie di calcolo d'avanguardia. Ecosister Spoke 6 ha creato un contesto in cui questi mondi potevano dialogare, portando lo sviluppo oltre i confini tradizionali dell'elettronica e avvicinandolo alle tecnologie emergenti dell'intelligenza artificiale a basso consu-

mo. La collaborazione è stata importante anche dal punto di vista culturale. Spesso, nei progetti di ricerca, ognuno tende a procedere entro i confini del proprio settore: l'elettronico resta sull'elettronica, il meccanico sulla meccanica, chi fa materiali rimane sui materiali. Ma lavorare insieme permette di individuare nuovi problemi, nuovi percorsi progettuali e, soprattutto, nuove soluzioni. Nel nostro caso, ad esempio, l'interazione con gruppi che si occupavano di applicazioni energetiche ci ha aiutato a vedere come le tecnologie elettroniche d'avanguardia potessero trovare impieghi nuovi, mentre il confronto con chi lavorava su aspetti più teorici ha portato a realizzare workflow di progettazione più completi e sofisticati. Il valore di questo approccio si è visto anche nel rapporto con i partner industriali, perché molte delle aziende coinvolte hanno competenze ibride o necessitano di tecnologie che uniscono più discipline. Poter offrire loro un ecosistema ricco di competenze diversificate ha significato parlare un linguaggio più vicino alle loro esigenze e proporre soluzioni che tengono conto dell'intero ciclo di vita di un prodotto, dai modelli numerici alla sperimentazione, fino alle condizioni operative reali.

Che ruolo hanno avuto il supercalcolo e le risorse del CINECA nello sviluppo delle vostre ricerche e dei prototipi?

Selmi: Il supercalcolo ha avuto un ruolo centrale e senza le risorse del CINECA una parte significativa dei risultati raggiunti non sarebbe stata possibile. Lo Spoke 6, del resto, nasce proprio con l'obiettivo di dimostrare come l'HPC possa diventare un acceleratore dell'innovazione industriale e scientifica: non è un semplice strumento aggiuntivo, ma una componente strutturale del proces-

so di ricerca e progettazione. All'interno del WP2 questa idea ha preso forma concreta in diversi modi, che riguardano sia la simulazione di dispositivi e circuiti, sia l'addestramento di modelli di intelligenza artificiale per applicazioni a bordo dispositivo, sia la soluzione di problemi fondamentali e molto onerosi di calcolo aerodinamico. Sul fronte della microelettronica, la possibilità di utilizzare cluster di calcolo ad alte prestazioni ci ha permesso di eseguire simulazioni di una complessità non affrontabile con risorse tradizionali. È grazie a questa capacità di analizzare in profondità il comportamento dei dispositivi che abbiamo potuto suggerire varianti progettuali ai nostri partner industriali che poi sono state effettivamente realizzate e testate con successo. Il supercalcolo è stato fondamentale anche per le linee di ricerca più vicine all'intelligenza artificiale. Gli algoritmi che si utilizzano per interpretare i segnali elettromiografici o elettrocardiografici hanno bisogno di essere addestrati su grandi quantità di dati, e questo processo può richiedere giorni o settimane se condotto su macchine tradizionali. Le risorse del CINECA, in particolare quelle basate su GPU, hanno ridotto in modo drastico i tempi di addestramento, permettendoci di esplorare varianti del modello, confrontare architetture diverse e ottimizzare i parametri con un grado di libertà impossibile da avere altrimenti. In un settore competitivo e in rapida evoluzione come quello dell'intelligenza artificiale, questa velocità di iterazione è un vantaggio decisivo.

Un altro aspetto importante riguarda la prospettiva con cui il CINECA sta facendo evolvere la sua infrastruttura. Durante il workshop finale dello Spoke 6 i rappresentanti di CINECA ed INFN hanno sottolineato come l'obiettivo non



sia solo fornire accesso a supercomputer estremamente potenti, come Leonardo, ma anche costruire una gamma articolata di risorse che permetta alle aziende e ai ricercatori di trovare la soluzione più adatta alle loro esigenze. Si tratta di una strategia lungimirante, perché molte imprese potrebbero iniziare con simulazioni di complessità intermedia, senza la necessità immediata di accedere alle macchine più sofisticate. In questo senso, la presenza dell'HPC nel territorio regionale è un elemento di politica industriale che può facilitare l'ingresso delle aziende nella cultura della simulazione scientifica. L'utilizzo del supercalcolo ha avuto poi anche un valore formativo: i giovani ricercatori coinvolti nel WP2 hanno potuto lavorare con strumenti di livello internazionale, acquisendo competenze che saranno sempre più richieste nel mondo industriale e nella ricerca. Questo è un risultato meno visibile rispetto ai prototipi e alle pubblicazioni, ma non meno rilevante, perché significa formare una nuova generazione capace di utilizzare in modo naturale e consapevole strumenti di calcolo scientifico essenziali per affrontare le sfide tecnologiche dei prossimi decenni.

Quali prospettive vede per il futuro, sia nella ricerca sia nei rapporti con l'industria?

Selmi: Guardando al futuro, tutte le applicazioni di cui ho parlato devono essere viste come basi tecnologiche su cui costruire evoluzioni successive. Il bracciale elettromiografico, ad esempio, come ci ha spiegato il Professor Benatti, potrebbe essere esplorato in ambiti come la realtà aumentata, la robotica collaborativa o la riabilitazione. Il dispositivo elettrocardiografico indossabile può essere arricchito con nuovi algoritmi in grado di riconoscere pattern sempre più complessi,

mentre la scheda per il fotovoltaico potrebbe contribuire allo sviluppo di interi sistemi di gestione intelligente dell'energia distribuita.

Dal punto di vista delle collaborazioni industriali le prospettive sono altrettanto promettenti. I partner coinvolti nei progetti a TRL più alto hanno già manifestato interesse a proseguire il lavoro, e stiamo cercando nuove opportunità progettuali, anche a livello regionale, per dare continuità a queste attività. Inoltre, la Regione Emilia-Romagna sta investendo molto nel supercalcolo e nell'innovazione tecnologica, e questo crea un terreno favorevole per sviluppi futuri, soprattutto in settori come l'energia rinnovabile, la microelettronica d'avanguardia e l'elettronica intelligente indispensabile per l'intelligenza artificiale. Infine, c'è una prospettiva che considero particolarmente importante che è la diffusione stabile della cultura della simulazione scientifica all'interno delle aziende. Molte imprese hanno iniziato a comprenderne il valore, ma il potenziale è ancora molto ampio. Ecosister Spoke 6 ha dimostrato che integrare la simulazione nel workflow di progettazione permette di risparmiare tempo e risorse, di progettare prodotti più innovativi e di evitare errori strategici. Il supercalcolo non è più un lusso per pochi, ma un elemento chiave per competere in settori tecnologici sempre più complessi. In questo senso, immaginiamo un futuro in cui ricerca e industria dialogano in modo più fluido, condividendo strumenti, competenze e una visione comune, cioè quella di usare le tecnologie del supercalcolo scientifico come parte integrante del processo di innovazione per guidarlo e accelerarlo.

Lo studio delle molecole che generano luce per migliorare la qualità dei dispositivi elettronici

Intervista a Cristina Sissa

Cristina Sissa è Professoressa associata di Chimica presso l'Università di Parma e componente dello Spoke 6 di Ecosister.

Qual è stato l'oggetto del vostro lavoro e in che modo è stato centrale lo Spoke 6?

Sissa: All'interno di Ecosister il nostro gruppo, formato soprattutto da chimici con competenze mirate alla modellazione teorica e alla spettroscopia, ha lavorato sui materiali per OLED (*Organic Light-Emitting Diode*) con l'obiettivo di comprenderne meglio il funzionamento e, quando possibile, migliorarne l'efficienza. Gli OLED sono dispositivi estremamente diffusi che troviamo negli schermi dei telefoni, dei tablet e dei televisori, e si basano su un principio foto-fisico ben chiaro ma non privo di criticità. Una volta applicata una differenza di potenziale, elettroni e buche vengono iniettati nello strato emettitore, dove si ricombinano formando eccitoni. Solo una parte di questi eccitoni, però, è realmente capace di emettere luce. La ricombinazione, per ragioni di statistica di spin, genera circa il 75% di stati di tripletto. Senza un meccanismo in grado di recuperarli, l'efficienza teorica dell'OLED rimane bloccata al 25%, un valore incompatibile con le prestazioni richieste a un

dispositivo di uso quotidiano. Il nostro lavoro parte da questa sfida. Esistono diversi modi per aggirare il problema: uno è l'impiego di complessi di metalli pesanti, che favoriscono processi emissivi anche dai tripletto, ma hanno costi elevati, implicazioni ambientali non trascurabili e questioni di reperibilità. Per questo ci siamo concentrati su molecole completamente organiche in grado di sfruttare il meccanismo noto come *Thermally Activated Delayed Fluorescence* (TADF), introdotto da Chihaya Adachi nel 2012. L'idea è progettare molecole i cui stati di singoletto e tripletto siano molto vicini in energia: in questo modo l'energia termica ambientale può facilitare il ripopolamento dello stato di singoletto dagli stati di tripletto, che è l'unico realmente emissivo. In teoria, se questa conversione avviene in modo efficiente, l'emettitore può recuperare anche quel 75% di tripletto, che altrimenti sarebbe perso, e avvicinarsi al 100% di efficienza. Dal punto di vista della progettazione è un processo tutt'altro che banale. Richiede strutture molecolari costituite ad esempio da gruppi elettron-donatore e gruppi elettron-accettore, in cui il donatore e l'accettore siano posizionati in modo da parlarsi il meno possibile, per ridurre la coniugazione e favorire il piccolo gap energetico

tra singoletto e tripletto. Allo stesso tempo, però, bisogna fare attenzione a non annullare l'accoppiamento spin-orbita, altrimenti l'effetto TADF non si manifesta o decade troppo rapidamente. È un equilibrio fine, che rende questi sistemi molto sensibili a variazioni anche minime della geometria molecolare.

Lo Spoke 6, centrato sugli approcci computazionali e sull'uso del supercalcolo, era il contesto ideale per affrontare queste complessità. Abbiamo utilizzato simulazioni avanzate per modellare sia le proprietà elettroniche sia la dinamica degli emettitori, cercando di capire in che modo fattori come la torsione tra le unità funzionali influenzino il processo TADF. La molecola, però, non vive in isolamento: negli OLED reali è dispersa in una matrice, che può essere un polimero o un'altra piccola molecola. Questa matrice non è un semplice "contenitore", può interagire con l'emettitore, rallentarne o accelerarne i movimenti, modificarne la polarità percepita e, di conseguenza, alterarne il comportamento. Per questo abbiamo iniziato a studiare anche le matrici stesse, analizzandone la dinamica ai tempi caratteristici dell'emissione TADF e confrontando i risultati delle nostre simulazioni con esperimenti di spettroscopia risolta nel tempo. Un aspetto fondamentale del nostro modo di lavorare è il confronto costante con l'esperimento. Anche se Spoke 6 era dedicato principalmente alla modellazione, per noi un modello teorico ha valore solo se è supportato dai dati sperimentali. Una parte delle misure la conduciamo nel nostro laboratorio di spettroscopia; altre sono possibili grazie a collaborazioni consolidate con gruppi stranieri, che spesso ci forniscono anche le molecole, dato che non ci occupiamo direttamente di sintesi. È un flusso continuo tra teoria ed esperimento, reso

possibile anche grazie alle risorse fornite da Ecosister, che ci hanno permesso di rafforzare il gruppo e di dare continuità a ricerche che richiedono tempi lunghi e competenze diversificate.

Quali parti del lavoro avevate già sviluppato prima di Ecosister e cosa è stato approfondito invece nello Spoke 6?

Sissa: Prima dell'avvio di Ecosister avevamo già iniziato a occuparci di materiali TADF all'interno di altri progetti, fra cui un progetto europeo che ci aveva permesso di impostare un primo modello teorico per descrivere il comportamento di una molecola considerata un po' la "molecola archetipo" di questa classe di emettitori. È la molecola da cui praticamente passa chiunque inizi a studiare il TADF, perché presenta in modo molto chiaro le caratteristiche fondamentali del meccanismo. Avevamo quindi un modello funzionante su quel caso specifico, che ci aveva dato risultati convincenti, ma restava aperta la domanda più complessa: quanto è davvero generalizzabile? Lo Spoke 6 ci ha offerto l'occasione di affrontare proprio questo punto. L'obiettivo è diventato verificare se il modello potesse essere esteso a un'intera famiglia di molecole TADF, cioè a sistemi simili per struttura generale ma con variazioni significative nei gruppi funzionali, nella geometria o nella distribuzione elettronica. A prima vista ci si potrebbe aspettare che un modello basato su principi generali del TADF possa essere applicato senza troppe difficoltà anche a sistemi affini; in realtà abbiamo scoperto che non è così semplice. Le molecole TADF sono caratterizzate da un equilibrio molto delicato tra diverse proprietà, e anche modifiche strutturali apparentemente piccole possono alterare in modo radicale il modo in cui si comportano.

Il lavoro ha quindi avuto una forte componente di validazione. Ci siamo occupati confrontare sistematicamente i risultati dei nostri calcoli con i dati sperimentali disponibili, sia quelli ottenuti da noi tramite il nostro laboratorio di spettroscopia, sia quelli forniti da gruppi internazionali con cui collaboriamo da tempo. È un passaggio essenziale, perché solo attraverso un riscontro diretto con l'esperimento è possibile capire se un modello descrive davvero il fenomeno fisico e se può essere usato per prevedere il comportamento di nuove molecole. In diversi casi i confronti ci hanno confermato che alcune parti del modello restavano valide, mentre altre richiedevano aggiustamenti o non potevano essere trasferite direttamente. Accanto a questo, Ecosister ci ha permesso di iniziare a occuparci in modo più strutturato di un tema che in precedenza avevamo affrontato solo marginalmente, ovvero quello del comportamento delle matrici in cui gli emettitori TADF vengono dispersi nei dispositivi reali, che ho citato in precedenza. È un aspetto che richiede molto più sforzo computazionale, perché la matrice introduce un numero enorme di variabili aggiuntive, ma è fondamentale per avvicinare il modello teorico alle condizioni reali del dispositivo. Grazie allo Spoke 6 abbiamo potuto fare i primi passi per integrare l'effetto dell'ambiente nei nostri studi, e questo apre prospettive molto interessanti per lavori futuri.

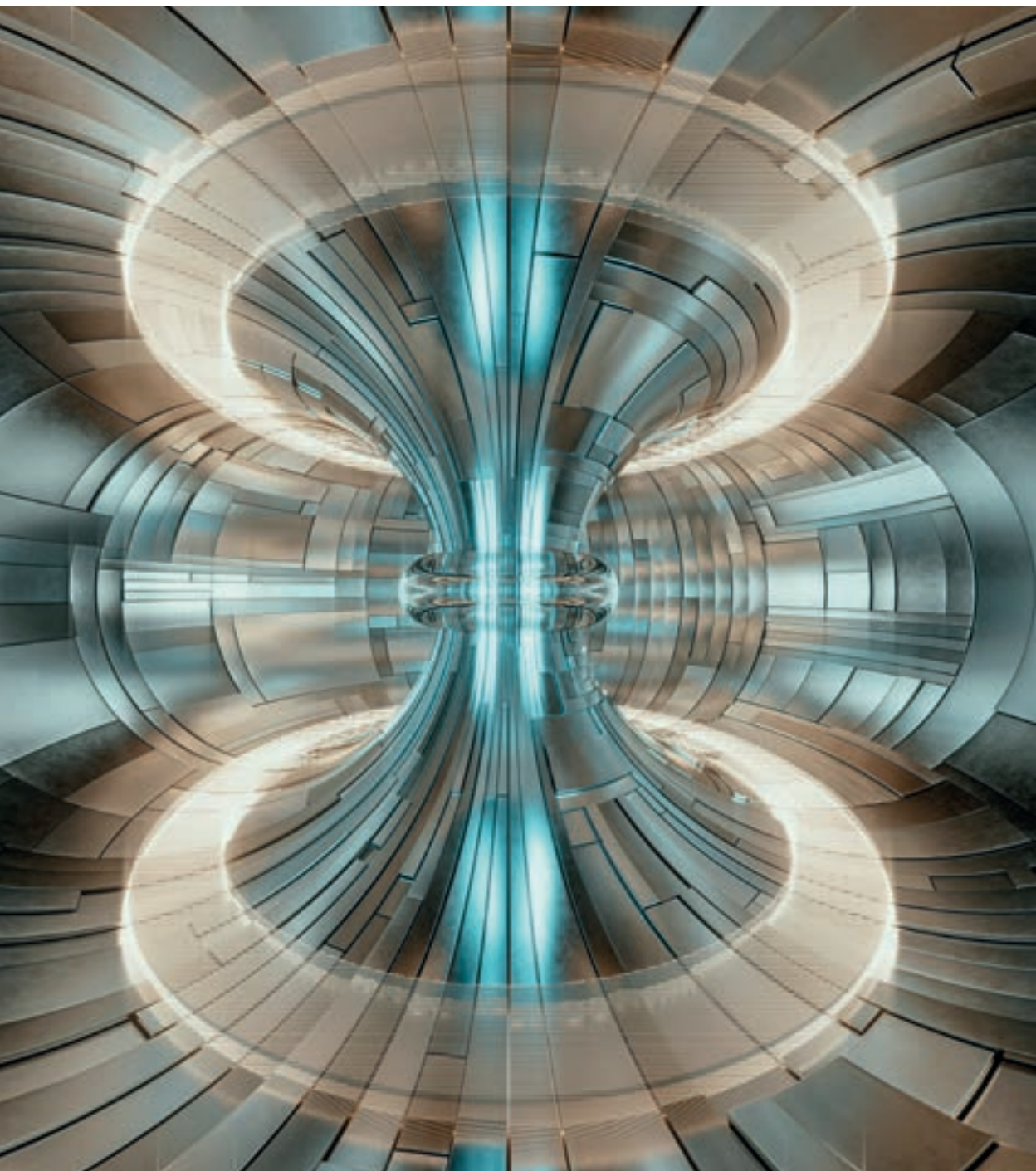
Come hanno funzionato le collaborazioni interne a Ecosister e, più in generale, con altri gruppi?

Sissa: Le collaborazioni interne a Ecosister, per quanto ci riguarda, non sono state particolarmente estese principalmente perché i temi affrontati nei diversi Spoke erano molto eterogenei. Nel nostro



Spoke 6 convivevano gruppi che si occupavano di modellistica climatica, altri che lavoravano su dinamiche idrogeologiche o su materiali molto diversi dai nostri; trovare un punto di intersezione operativo concreto non era immediato. È un progetto molto ampio, con una forte interdisciplinarietà, ma non sempre questa si traduce automaticamente in collaborazioni dirette, soprattutto quando le competenze sono molto distanti. Detto questo, alcuni scambi ci sono stati, ad esempio in occasione dei meeting di Spoke, con momenti utili per capire come altre aree della modellazione numerica affrontano problemi complessi e come si gestiscono metodologie computazionali in campi lontani dal nostro. Non si è tradotto in un lavoro comune strutturato, ma ha sicuramente ampliato la nostra visione del tipo di approcci che si possono applicare a sistemi molto diversi. Una collaborazione più concreta è avvenuta con un gruppo di cui fa parte Daniele Carretti dell'Università di Bologna, che ha partecipato allo Spoke 3. Loro lavorano nel campo della chimica industriale e la collaborazione, nata indipendentemente dal progetto, ha coinvolto la loro sintesi di una molecola interessante per alcune applicazioni nell'elettronica organica, per cui ci hanno coinvolti nello studio delle proprietà spettroscopiche e teoriche. È stato un esempio di come le competenze sviluppate anche grazie a Ecosister possano essere immediatamente applicate in contesti limitrofi.

Un risultato importante, che considero a tutti gli effetti una forma di "collaborazione" interna al progetto, riguarda però la formazione. La maggior parte delle risorse che abbiamo ricevuto da Ecosister è stata destinata a due dottorandi e un postdoc. Questo ha creato un ambiente di lavoro più ricco, in cui persone con



background diversi hanno potuto confrontarsi e crescere, e per noi è stato un valore aggiunto significativo, perché senza Ecosister non avremmo avuto la possibilità di inserire queste figure e costruire una squadra più strutturata.

Quali sono stati i principali risultati scientifici e come si collegano al possibile trasferimento tecnologico?

Sissa: Dal punto di vista scientifico i risultati ottenuti in questi anni sono stati rilevanti soprattutto per la comprensione più profonda di come funzionano realmente i sistemi TADF e di quali fattori ne determinano l'efficienza. Uno degli aspetti principali che è emerso riguarda la sensibilità estrema di queste molecole alle modifiche strutturali. Cambiare un gruppo funzionale o alterare leggermente la geometria può portare a variazioni inattese e spesso molto marcate nel comportamento elettronico e fotofisico. È un equilibrio in cui migliorare una proprietà può significare peggiorarne drasticamente un'altra. Questo è un messaggio importante per chi fa sintesi, perché aiuta a capire che non esistono "aggiustamenti minori" in questi sistemi. Ogni intervento richiede una modellazione e una verifica molto attenta. I risultati sono stati pubblicati su riviste di ottimo livello e presentati a convegni internazionali, a conferma del fatto che la comunità scientifica riconosce il valore di affrontare con modelli sofisticati fenomeni così complessi. Inoltre, il lavoro svolto sul ruolo delle matrici ha aperto nuove prospettive, perché molte simulazioni mostrano che l'ambiente intorno alla molecola può influenzare la dinamica dell'emissione in modi non banali, soprattutto ai tempi caratteristici della TADF. Questo ci permette di avvicinarci gradualmente a una descrizione più realistica di come

gli emettitori lavorano all'interno di un dispositivo.

Per quanto riguarda il trasferimento tecnologico, la situazione è più articolata. È un settore in cui l'interesse industriale è molto forte, perché gli OLED sono già prodotti commerciali di largo consumo e ogni miglioramento in efficienza o stabilità ha un impatto immediato sul mercato. Tuttavia, la nostra posizione è più vicina alla ricerca di base, quindi il passaggio verso la collaborazione diretta con le aziende richiede un livello ulteriore di sviluppo. In passato, grazie a un progetto europeo, abbiamo lavorato con partner industriali come Merck o aziende specializzate nella simulazione a livello di dispositivo. E queste esperienze ci hanno mostrato come la filiera sia composta da livelli molto diversi: noi ci occupiamo della molecola e del suo comportamento elettronico, mentre per capire se un OLED funziona nel suo insieme servono modelli e competenze specifiche sul dispositivo completo. Anche all'interno di Ecosister abbiamo iniziato a esplorare come le nostre competenze potrebbero essere messe a servizio di realtà industriali, pur sapendo che il percorso non è immediato. Il potenziale c'è, perché i materiali TADF completamente organici rappresentano un'alternativa interessante agli emettitori basati su metalli rari, che sono costosi e talvolta problematici sul piano ambientale. Inoltre, alla ricerca industriale interessa sempre di più ottenere materiali sostenibili e facilmente reperibili, e questa esigenza è coerente con quello che è il nostro lavoro. La spinta verso il trasferimento tecnologico esiste anche perché Ecosister ha contribuito a consolidare le competenze necessarie per dialogare con l'industria, nonostante al momento questo non si sia tradotto in collaborazioni operative dirette.

Quali sono le prospettive future della vostra ricerca?

Sissa: La ricerca sui materiali per OLED continuerà sicuramente anche dopo la conclusione di Ecosister, perché negli anni abbiamo costruito una rete di collaborazioni internazionali molto solida e un insieme di competenze che possono essere applicate a diverse problematiche ancora aperte. È un ambito in cui c'è un interesse crescente, sia accademico sia industriale, e questo rende più semplice immaginare ulteriori sviluppi, anche attraverso nuovi progetti europei o nazionali. Siamo consapevoli che il contesto dei finanziamenti non è sempre semplice, ma in questo settore c'è ancora spazio per ottenere risorse e portare avanti ricerche ambiziose, quindi per ora siamo ottimisti. Un'altra direzione di crescita riguarda l'esplorazione di meccanismi alternativi alla TADF per ottenere efficienze elevate. Alcuni colleghi del nostro gruppo e di gruppi partner stanno iniziando a lavorare su sistemi che sfruttano, ad esempio, l'inversione del gap singoletto-tripletto o l'impiego di stati di doppietto radicalici. Sono approcci diversi ma complementari, che potrebbero portare a nuovi tipi di emettitori organici altrettanto promettenti. Un elemento trasversale che continueremo a sviluppare è lo studio dell'effetto dell'ambiente molecolare. Quasi tutte le applicazioni, dai sistemi biologici all'elettronica organica, richiedono di capire come la molecola si comporta nel suo contesto reale, e questo è uno dei punti in cui abbiamo fatto più progressi. Sono competenze altamente trasferibili e continueranno a essere centrali in tutti i progetti futuri.

Dal punto di vista delle persone, Ecosister ha avuto un impatto molto positivo. Il postdoc assunto con il progetto è oggi

ricercatore a tempo determinato su un progetto europeo che, pur affrontando un tema diverso, richiede esattamente le competenze che lui ha maturato durante il dottorato e il lavoro in Ecosister, in particolare lo studio di sistemi aggregati e l'analisi del comportamento della molecola nel suo ambiente. Una dottoranda

è attualmente in maternità e completerà il percorso più avanti, mentre un altro dottorando, seguito da una mia collega, sta terminando la tesi e ha già trovato un impiego fuori dall'accademia, segno che le competenze acquisite sono risultate immediatamente spendibili anche in altri contesti. La formazione di giovani

ricercatori che oggi hanno opportunità concrete, sia all'interno dell'università sia al di fuori, rafforza la nostra capacità di proseguire le ricerche: ogni persona formata contribuisce a creare continuità e ad ampliare il raggio delle competenze disponibili.



Previsione e modellazione dei fenomeni alluvionali

Intervista a Renato Vacondio

Renato Vacondio è Professore associato presso il Dipartimento di Ingegneria e Architettura dell'Università di Parma e componente dello Spoke 6 di Ecosister.

Di cosa si è occupato all'interno di Ecosister e, in particolare, nell'ambito dello Spoke 6?

Vacondio: All'interno di Ecosister ho ricoperto il ruolo di coordinatore del Work Package 3 dello Spoke 6. Questo Spoke si occupa, in generale, di produrre innovazione attraverso l'uso di modelli matematici avanzati e di strumenti di High Performance Computing (HPC). In pratica significa sfruttare la potenza di calcolo dei moderni supercomputer per sviluppare applicazioni innovative in diversi ambiti. Il Work Package 3, in particolare, è dedicato alle applicazioni ambientali e allo studio delle risorse naturali. Nel mio caso, il focus principale è stato la modellazione matematica degli allagamenti, un tema molto ampio e complesso che abbiamo affrontato nel mio gruppo di ricerca insieme al personale reclutato proprio grazie al progetto Ecosister. Il fenomeno alluvionale, per varie ragioni, è estremamente articolato. Innanzitutto, lo è perché le alluvioni rappresentano il disastro naturale che, a livello mondiale, provoca i danni più elevati, più dei ter-

remoti, degli incendi e di qualsiasi altro tipo di evento estremo. Per dare qualche numero, nella sola Unione Europea, tra il 1980 e il 2021 sono morte circa 4.300 persone a causa delle alluvioni, con una stima dei danni economici che supera i 170 miliardi di euro. Se guardiamo la scala globale, oggi quasi un quarto della popolazione mondiale vive in zone esposte a un qualche livello di rischio alluvionale. Questo non significa che tutte queste persone siano in pericolo di vita, ma che possono essere colpite dagli effetti di un'alluvione, con gradi di severità molto diversi: dalla perdita dell'automobile o dell'abitazione, fino, nei casi più estremi, alla perdita della vita.

Dentro Ecosister abbiamo affrontato il problema su tre scale differenti. La prima è la scala regionale, dove ci occupiamo di simulare gli allagamenti su domini molto estesi, dell'ordine di centinaia o migliaia di chilometri quadrati. La seconda è la scala locale, in cui studiamo l'interazione tra l'alluvione e le infrastrutture particolarmente delicate come ponti, dighe o paratoie. Infine, c'è la scala climatica, dove analizziamo come gli scenari di cambiamento climatico influenzeranno in futuro la frequenza e l'intensità delle precipitazioni più estreme, e quindi la

formazione delle piene. Questi tre livelli di analisi sono profondamente diversi fra loro, sia dal punto di vista tecnico sia per quanto riguarda gli strumenti computazionali utilizzati, ma insieme compongono un quadro completo che permette di affrontare il fenomeno alluvionale in tutte le sue componenti: dal singolo evento locale alla tendenza osservabile su orizzonti temporali di decenni.

Partiamo dalla scala regionale: come funziona la modellazione degli allagamenti e a cosa serve?

Vacondio: Quella regionale è la scala sulla quale si possono analizzare fenomeni come l'esondazione di un grande fiume o la rottura di un argine che coinvolge porzioni considerevoli di territorio. Per farlo utilizziamo una particolare approssimazione matematica, le cosiddette *shallow water equations* in due dimensioni, che consentono di descrivere in modo realistico la propagazione dell'acqua quando la profondità è piccola rispetto alle dimensioni orizzontali del dominio. In

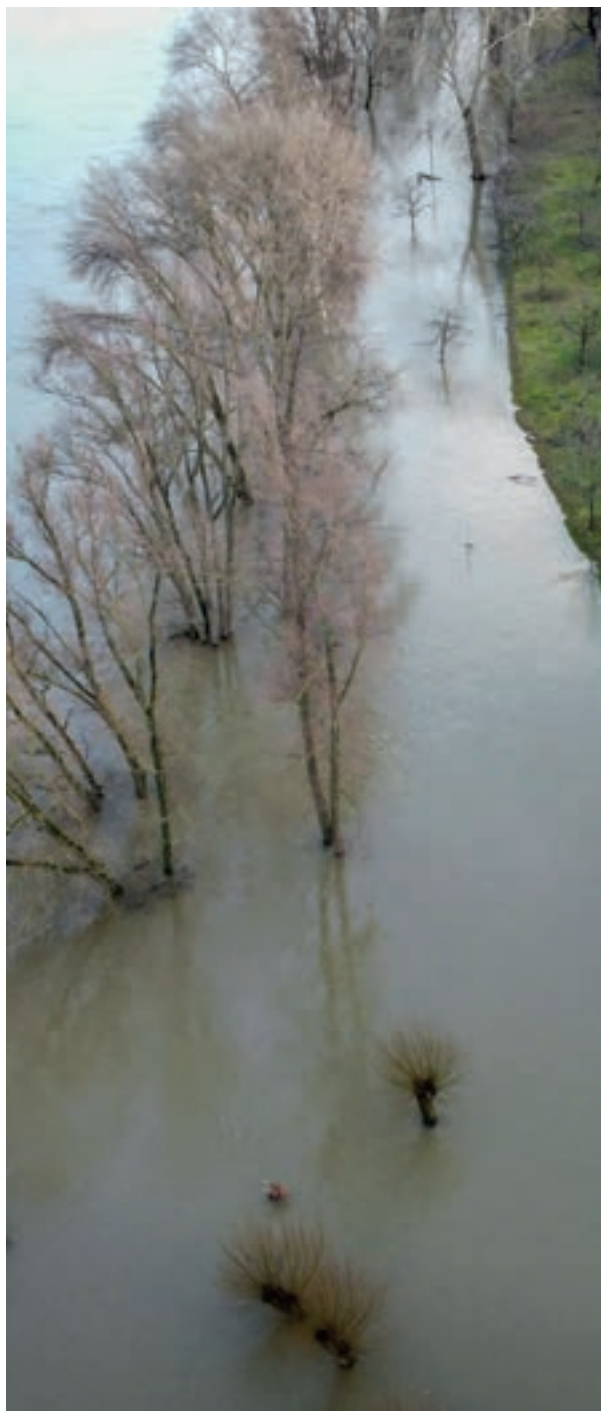
pratica, questo tipo di modellazione permette di simulare scenari reali: pensiamo alla rottura di un argine del Po, o del Secchia, eventi che purtroppo si sono già verificati, con l'allagamento di intere aree provinciali. Le simulazioni ricostruiscono come l'acqua esce dall'alveo, come si espande sul territorio, quali zone vengono coinvolte, con quali tempi e con quali livelli di accumulo. Sono informazioni fondamentali, perché gli allagamenti raramente avvengono in zone disabitate: nella maggior parte dei casi coinvolgono territori urbanizzati, infrastrutture, aree produttive, insediamenti agricoli. Questo tipo di strumenti è utile in due fasi molto diverse. La prima è la pianificazione, dove entrano in gioco comuni, regioni e autorità di bacino, che devono definire l'uso del suolo, i piani regolatori, le aree potenzialmente allagabili e le norme che regolano la gestione dei corsi d'acqua e delle infrastrutture connesse. L'Autorità di Bacino del Po, ad esempio, utilizza proprio questi modelli per stabilire quali territori siano più vulnerabili e come predisporre le misure di mitigazione.



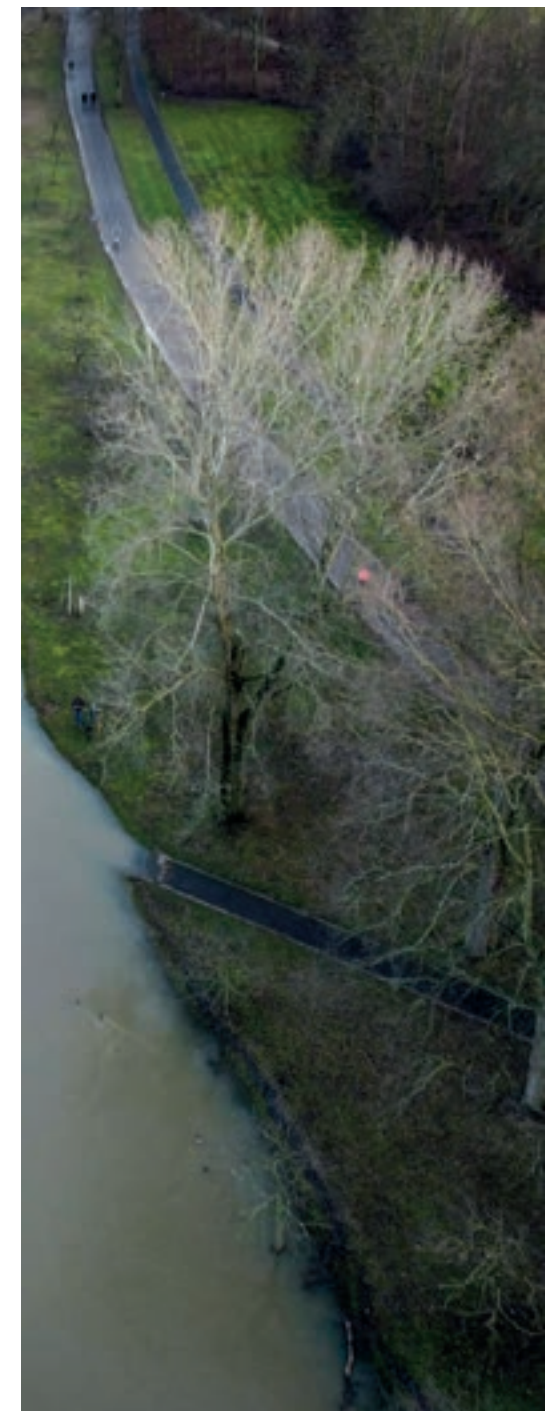
La seconda fase è la gestione dell'evento in tempo reale. Il codice che abbiamo sviluppato a Parma, che abbiamo chiamato ParFlood, è particolarmente robusto e ottimizzato: sfruttando le tecniche di High Performance Computing, è in grado di simulare in un paio d'ore un'alluvione che nella realtà si sviluppa nell'arco di giorni. Questo significa che, quando inizia un evento alluvionale, possiamo produrre mappe previsionali dell'evoluzione dell'allagamento con un anticipo sufficiente a supportare decisioni operative, come capire quali aree evacuare, quali infrastrutture potrebbero essere coinvolte, come organizzare gli interventi e con quali priorità. Il fatto che le simulazioni siano più veloci del fenomeno fisico è un vantaggio enorme, perché permette ai soggetti responsabili, come la Protezione Civile, le autorità locali e gli enti di gestione, di agire non solo sulla base di ciò che sta già accadendo, ma soprattutto in funzione di ciò che accadrà. In molti casi è l'unico modo per prevedere con un livello di accuratezza sufficiente dove andrà l'acqua una volta superato l'alveo del fiume.

E su scala locale come lavorate?

Vacondio: Su scala locale il livello di complessità aumenta in modo significativo. Qui non ci limitiamo più a descrivere l'allagamento su grandi superfici, ma analizziamo come l'acqua interagisce con infrastrutture molto specifiche e particolarmente delicate, come ponti, dighe, paratoie o altre strutture idrauliche. In questi casi le approssimazioni utilizzate alla scala regionale non sono più sufficienti, perché per descrivere accuratamente il comportamento del fluido è necessario risolvere le equazioni complete di Navier-Stokes. Sono equazioni



tridimensionali, molto più dettagliate, che costituiscono uno dei problemi matematici ancora aperti a livello internazionale, tant'è che una loro soluzione generale rientra tra i problemi del Millennium Prize. Quando entriamo in questo tipo di modellazione, i modelli diventano estremamente costosi dal punto di vista computazionale. Ci sono due difficoltà principali: la prima riguarda la turbolenza, che è un fenomeno intrinsecamente complesso da rappresentare numericamente; la seconda riguarda la superficie libera del fluido, perché a differenza di un'ala d'aereo, per esempio, che è completamente immersa nel fluido e quindi non presenta discontinuità, nel caso di un'infrastruttura fluviale abbiamo una parte immersa e una parte esposta all'aria. Questa superficie mobile, che può cambiare forma in modo rapido, richiede strumenti numerici particolari. Per affrontare questi problemi utilizziamo una tecnica chiamata Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH). È una metodologia *meshless*, cioè senza griglia, in cui il fluido è rappresentato da un insieme di particelle che si muovono nello spazio e nel tempo. È interessante ricordare che questa tecnica non è nata per l'idraulica, ma fu sviluppata alla fine degli anni Settanta da un astrofisico, Joseph Monaghan, che voleva simulare le galassie. In seguito, è stata profondamente modificata per rispondere alle esigenze della fluidodinamica con superficie libera, come nel caso degli allagamenti o della dinamica delle onde. Il software principale che utilizziamo si chiama DualSPHysics ed è sviluppato da un consorzio internazionale che coinvolge diverse università europee e statunitensi. Oltre a Parma, ci sono la Politecnica della Catalogna a Barcellona, l'Università di Manchester, quella di Vigo, istituti di ricerca in Scozia e il New Jersey Institute of Technology. È un pro-



getto molto ampio, che richiede un lavoro di sviluppo continuo.

In questo caso, la possibilità di sfruttare la potenza delle Graphics Processing Unit (GPU) è fondamentale. Negli ultimi dieci anni l'introduzione del linguaggio di programmazione CUDA ha permesso ai ricercatori di utilizzare queste unità di elaborazione grafica non più solo per scopi videoludici ma per applicazioni scientifiche ad altissime prestazioni. Inoltre, la maggior parte dei supercalcolatori elencati nella classifica Top500 basa la propria potenza combinando CPU e GPU. Oggi, tuttavia, l'evoluzione delle GPU è sempre più orientata verso l'intelligenza artificiale, che richiede operazioni molto veloci ma meno precise, mentre per la fluidodinamica servono calcoli ad alta precisione. Questo sta creando qualche difficoltà, perché l'hardware si sta allontanando dalle esigenze dell'HPC tradizionale. A questa scala c'è ancora molto lavoro da fare, anche perché i modelli SPH, pur essendo molto promettenti, sono estremamente onerosi. Inoltre, al contrario della scala regionale, qui i tempi di calcolo sono più lenti del fenomeno reale. Servono quindi ulteriori sviluppi sia teorici sia numerici per rendere queste simulazioni più efficienti e, un domani, trasferibili anche a chi dovrà utilizzarle in contesti applicativi.

Gli scenari legati ai cambiamenti climatici come vengono integrati, invece, nelle vostre analisi?

Vacondio: Nel nostro lavoro non ci occupiamo del cambiamento climatico in senso ampio, perché questa è un'attività che compete all'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) e ai grandi consorzi internazionali che sviluppano

modelli climatici globali. A noi interessa però un aspetto molto più specifico: capire come il cambiamento climatico modificherà, nei prossimi decenni, la frequenza e soprattutto l'intensità degli eventi di precipitazione estrema, che sono quelli che determinano le piene e quindi gli allagamenti. Per farlo utilizziamo come punto di partenza proprio i modelli climatici globali dell'IPCC, ovvero simulazioni che descrivono la circolazione atmosferica a scala planetaria e che producono scenari a cinquanta o cento anni in base a diverse ipotesi sulle emissioni future di CO₂: dagli scenari *business as usual*, in cui le emissioni continuano a crescere, agli scenari più virtuosi, in cui si ipotizzano politiche di riduzione drastiche. Il problema è che questi modelli hanno una risoluzione grossolana, perché devono coprire l'intero globo, mentre per noi è fondamentale scendere a una scala regionale. Per questo applichiamo diverse tecniche di *downscaling*, molte delle quali sono basate su algoritmi di intelligenza artificiale. Questi metodi ci permettono di trasformare l'informazione del modello globale in un dato utile a scala locale, tipicamente una griglia di circa cinque chilometri di lato che descrive con buon dettaglio l'intero territorio dell'Emilia-Romagna.

In questo modo possiamo studiare come potrebbero cambiare, ad esempio, le precipitazioni giornaliere tra il 2040 e il 2060, oppure tra il 2080 e il 2100, e soprattutto come varia la distribuzione delle precipitazioni intense, che sono le più rilevanti per la formazione delle piene. È un tipo di analisi molto delicato, perché le incertezze aumentano drasticamente quando si passa dalla temperatura alla precipitazione, e aumentano ulteriormente quando si parla di precipitazioni estreme. Proprio per questo c'è ancora

tantissimo lavoro da fare sugli algoritmi, sia per ridurre le incertezze sia per migliorare le tecniche di proiezione. In questo senso Ecosister è stato decisivo, perché ci ha permesso di finanziare un ricercatore che per tre anni si è dedicato completamente a questo tema, cosa che altrimenti non sarebbe stata possibile. Senza una risorsa umana dedicata, infatti, analisi così complesse rimarrebbero allo stadio di semplici prove preliminari, mentre qui siamo riusciti a ottenere risultati solidi e soprattutto replicabili, sui quali possiamo continuare a costruire.

Che tipo di collaborazioni avete sviluppato con altri enti e con lo Spoke 6 nel suo complesso?

Vacondio: Per quanto riguarda le collaborazioni interne al progetto, devo dire che per il nostro Work Package le interazioni con gli altri Spoke sono state piuttosto limitate. Le nostre tematiche sono molto specifiche e fortemente orientate ai fenomeni alluvionali e alla modellazione ambientale; quindi, non trovano un aggancio naturale con le ricerche più industriali o applicative sviluppate in altri Spoke. Questo non significa che non ci siano state occasioni di confronto, ma sicuramente il nostro ambito rende più difficile creare sinergie immediate con chi lavora su applicazioni di natura diversa. Le collaborazioni esterne, invece, sono una parte centrale del nostro lavoro e in realtà precedono il progetto Ecosister. Da tempo collaboriamo con l'Autorità di Bacino del Po, che è l'ente pianificatore responsabile della gestione complessiva del bacino idrografico, e con l'Agenzia Interregionale per il Fiume Po (AIPO), che è l'ente incaricato degli interventi operativi sui corsi d'acqua, dalla manutenzione delle arginature alla gestione dei cantieri e dei sistemi difensivi. A questi si affianca la Protezione Civile regionale, che ha

ovviamente un ruolo fondamentale nella gestione degli eventi alluvionali in tempo reale. Con loro la collaborazione è continua e molto concreta, perché sono gli utenti finali delle informazioni che i nostri modelli producono. Grazie a Ecosister abbiamo potuto lavorare con un respiro diverso rispetto al passato. Non più solo rispondendo a un singolo problema specifico e urgente, ma dedicandoci allo sviluppo di strumenti più generali e robusti, che poi questi enti possono utilizzare in modo stabile nel lungo periodo. È stata un'occasione per affrontare tematiche a una scala più ampia e con una prospettiva meno vincolata all'immediato.

Sul lato del calcolo ad alte prestazioni, inoltre, il supporto del CINECA è stato cruciale. Non basta sviluppare algoritmi efficienti ma è necessario poterli eseguire su un hardware adeguato. Il nostro gruppo aveva già un buon livello di competenze tecniche per lavorare con i supercalcolatori, ma altri gruppi coinvolti nel progetto hanno beneficiato molto della formazione e della consulenza messe a disposizione da CINECA, che hanno permesso loro di accedere alle risorse di calcolo e sfruttarle in modo efficace. Anche se ovviamente non è paragonabile a un supercomputer nazionale, nel nostro Ateneo abbiamo una piccola infrastruttura di calcolo locale, una sorta di "mini-supercalcolatore" che si rivela essenziale nella fase di formazione. Prima di portare studenti, dottorandi o giovani ricercatori a lavorare sul sistema nazionale, li facciamo esercitare e formare qui, dove l'accesso è più semplice e si possono fare prove senza i vincoli che inevitabilmente un'infrastruttura grande impone. Senza questa fase intermedia, sarebbe molto più complicato prepararli adeguatamente al lavoro su supercalcolatori come quelli di CINECA.



Guardando al futuro: quali sono le prospettive dopo la fine di Ecosister?

Vacondio: Per quanto riguarda ParFlood, il codice che abbiamo sviluppato per lavorare su scala regionale, siamo ormai vicini a un trasferimento reale agli enti che si occupano operativamente della gestione degli allagamenti. Con la Protezione Civile, per esempio, stiamo discutendo un progetto pilota su due corsi d'acqua reali. L'idea è quella di utilizzare il software non più soltanto in ambito accademico, ma proprio come strumento di previsione operativa in tempo reale. Sarebbe un passaggio molto importante, perché significherebbe arrivare a una fase in cui ciò che sviluppiamo non rimane confinato nella ricerca ma diventa effettivamente parte delle procedure di gestione del rischio sul territorio. Non siamo ancora pronti per un trasferimento completo, ma ci stiamo avvicinando e il progetto pilota servirà proprio a capire come strutturare questo passaggio. Per quanto riguarda i modelli SPH, invece, la situazione è diversa. L'interazione fluido-struttura è un tema estremamente complesso dal punto di vista numerico e richiede ancora molto lavoro sia teorico, sia computazionale. I tempi di calcolo sono ancora troppo lunghi e le tecniche necessarie per descrivere fenomeni come la turbolenza o la superficie libera non sono abbastanza mature per un utilizzo operativo. Qui l'obiettivo non è, almeno nel breve periodo, trasferire i modelli agli enti, ma continuare a sviluppare i metodi, a migliorare gli algoritmi e ad aumentare l'efficienza del codice. È una linea di ricerca che ha bisogno di tempo e di continuità. Lo stesso discorso vale per il *downscaling* climatico. Gli algoritmi che utilizziamo sono promettenti, ma ancora lontani da un livello di maturità che li

renda pienamente affidabili, soprattutto quando si parla di precipitazioni estreme, che sono il vero nodo per la gestione del rischio alluvionale. Anche qui c'è un'enorme quantità di lavoro da fare per ridurre l'incertezza e migliorare la robustezza delle proiezioni. E questo tipo di lavoro richiede inevitabilmente risorse, persone, continuità.

Ecosister, a mio avviso, è stato determinante non tanto per l'acquisto di infrastrutture o attrezzature, che pure sono importanti, quanto perché ci ha permesso di reclutare e formare, nell'arco di tre anni, un gruppo di ricercatori giovani ma estremamente competenti. Grazie a questo progetto hanno acquisito competenze molto specialistiche, di livello internazionale, e oggi sono perfettamente in grado di competere con colleghi che lavorano su questi stessi temi in tutta Europa. Se non ci sarà una continuità nei finanziamenti, rischiamo di disperdere questo capitale umano, perché inevitabilmente queste persone cercheranno opportunità all'estero o nel settore privato. E sarebbe un danno enorme, non solo per i singoli gruppi di ricerca, ma per il Paese, perché in questi ambiti non sono tanto le infrastrutture a fare la differenza quanto le persone. Le infrastrutture di calcolo, prima o poi, si trovano; quello che è molto più difficile da costruire è una squadra solida, formata, che lavora insieme nel tempo e che riesce a rimanere aggiornata in un settore in cui la ricerca evolve a una velocità altissima. Spero che Fondazione Ecosister, che proseguirà il suo percorso anche dopo la chiusura del progetto PNRR, possa contribuire a mantenere almeno una parte di questa continuità. In campi come il nostro, senza un investimento stabile nelle persone è facile rimanere indietro. E recuperare poi diventa molto difficile.

La struttura e gli obiettivi del progetto Ecosister

a cura di Daniele Molteni

Dalla crisi all'opportunità

Negli ultimi anni la transizione ecologica è diventata molto più di un obiettivo da perseguire: è il nuovo orizzonte entro cui leggere crisi, scelte politiche e traiettorie di sviluppo. La crisi climatica ha evidenziato in modo netto la vulnerabilità dei territori, mettendo sotto pressione sistemi idrici, filiere agricole, città e infrastrutture. A ciò si è aggiunta la pandemia, che ha mostrato quanto interdipendenti siano economia, società e ambiente, rendendo evidente la necessità di pensare a un modello capace di assorbire shock e trasformazioni profonde. In questo contesto il PNRR è stato lo strumento con cui il Paese ha provato ad accelerare verso un futuro più sostenibile e resiliente. Ed è all'interno di questa cornice che nasce Ecosister: un ecosistema regionale pensato per trasformare la visione della transizione verde in un insieme di azioni coordinate, concrete e radicate nel territorio.

L'Emilia-Romagna, con la sua densità di saperi, centri universitari, distretti produttivi e competenze tecnologiche, si è rivelata il luogo ideale per sperimentare un modello capace di avvicinare mondi che spesso dialogano poco. Ventitré real-

tà, università, CNR, istituzioni, enti pubblici e privati, hanno costruito una rete che non si è limitata a reagire alla crisi, ma ha scelto di rileggerla come un'opportunità per ripensare i processi economici e industriali. Ecosister ha infatti messo in relazione competenze diverse e sviluppato tecnologie che potessero trovare applicazione immediata: prototipi, materiali avanzati, sistemi digitali per monitorare l'ambiente, processi per recuperare scarti produttivi e trasformarli in nuove risorse. È nato così un laboratorio diffuso, pensato per aumentare la resilienza dei sistemi locali e moltiplicare le occasioni di crescita. Un'infrastruttura immateriale che ha saputo trasformare l'urgenza della crisi climatica e post-pandemica in un motore di innovazione condiviso, ponendo le basi per un futuro più competitivo e inclusivo.

Una struttura in sei aree di ricerca

Il progetto Ecosister si allinea agli obiettivi del Patto per il Lavoro e per il Clima della Regione Emilia-Romagna, e si integra con le strategie regionali, nazionali ed europee, sotto la guida dell'omonima Fondazione, che funge da hub, ed è promossa dai dieci soci fondatori: le Univer-

sità degli Studi di Bologna, Ferrara, Modena e Reggio Emilia, Parma; l'Università Cattolica del Sacro Cuore, il Politecnico di Milano, il CNR, l'ENEA, l'INFN e ART-ER. Questa struttura dimostra come la transizione ecologica non sia un percorso lineare, e richieda un dialogo continuo tra discipline diverse. Proprio per dare forma a questo dialogo, articolandosi in sei Spoke di ricerca, ciascuno con una propria identità ma profondamente connesso agli altri, questa struttura ha permesso di affrontare temi diversi, dai materiali sostenibili all'energia, dalla manifattura verde alla mobilità, fino all'economia circolare e alle tecnologie digitali, con un approccio integrato e capace di produrre risultati misurabili.

Lo Spoke 1 ha sviluppato soluzioni che spaziano dal riciclo avanzato delle fibre di carbonio ai nuovi materiali compositi per i settori automobilistico e nautico, dimostrando come la circolarità possa diventare un elemento strutturale anche nelle filiere più complesse. Lo Spoke 2, dedicato all'energia pulita, ha lavorato su sistemi di accumulo ibridi, tecniche per lo stoccaggio dell'idrogeno allo stato solido e processi innovativi per produrlo da biomasse, offrendo strumenti concreti per proteggere imprese e territori dalle incertezze del mercato energetico. La manifattura verde dello Spoke 3 ha introdotto tecnologie come l'additive manufacturing avanzato e il riscaldamento localizzato, che permettono di ridurre consumi e sprechi in settori ad alta intensità energetica. Parallelamente, lo Spoke 4 ha affrontato la mobilità e la rigenerazione urbana, unendo analisi comportamentali, simulation modelling e strumenti digitali per ripensare gli spostamenti e migliorare la qualità dell'aria. Lo Spoke 5 ha esplorato l'economia circolare e la blue economy, lavorando sul

riutilizzo dei materiali, sul trattamento dei reflui, sul sostegno all'acquacoltura e sulla valorizzazione delle coste. Chiude il quadro lo Spoke 6, che mette a disposizione modelli predittivi, digital twin e sistemi di monitoraggio avanzati, offrendo supporto trasversale a tutto il progetto.

A rendere questa struttura maggiormente efficace è stato il Technology Transfer and Innovation Programme (TTIP) coordinato da ART-ER, con l'attività di monitoraggio e i suoi cinque pillar: accelerazione, training, incubazione, trasferimento tecnologico e public engagement. Questo programma ha contribuito a trasformare i risultati della ricerca in strumenti operativi per imprese e territori, anche grazie a un dialogo continuo tra ricercatori e aziende: prototipi e metodologie non sono rimasti confinati nei laboratori, ma sono diventati soluzioni applicabili, talvolta dando vita anche a nuove start-up. Ecosister ha così dimostrato che ricerca e industria, quando lavorano insieme, possono accelerare in modo reale il percorso verso la sostenibilità.

L'impatto del progetto è stato ampliato, inoltre, attraverso strumenti dedicati a un ulteriore coinvolgimento del sistema produttivo e scientifico, interno ed esterno. Tra questi, un ruolo fondamentale lo hanno svolto i cosiddetti bandi a cascata, ovvero ulteriori finanziamenti PNRR rivolti a imprese, start-up e organismi di ricerca per progetti di ricerca industriale e sviluppo sperimentale nei settori della transizione sostenibile. I bandi hanno riguardato aree come materiali avanzati, energia pulita, manifattura verde e soluzioni per la mobilità, con opportunità specifiche per le imprese dell'Emilia-Romagna e del Mezzogiorno. Parallelamente, Ecosister ha attivato anche avvisi interni per rafforzare la collaborazione tra

i diversi Spoke. Diciannove progetti sono stati finanziati per sviluppare risultati ad alta maturità tecnologica, favorendo anche nuove sinergie con centri di ricerca del Sud Italia.

Gli obiettivi: innovazione, transizione e collaborazione

Durante il progetto, gli obiettivi iniziali si sono tradotti in azioni capaci di incidere allo stesso tempo su tecnologie, filiere produttive e cultura industriale. La trasformazione dei cicli produttivi è stata uno dei traguardi più significativi: nei vari Spoke sono stati sperimentati materiali riciclati ad alte prestazioni, sistemi per valorizzare gli scarti, tecnologie per ridurre consumi ed emissioni. Questa trasformazione ha coinvolto l'intera filiera, dalla scelta delle materie prime alla progettazione dei processi, mostrando come la sostenibilità possa diventare un elemento strutturale dell'economia regionale.

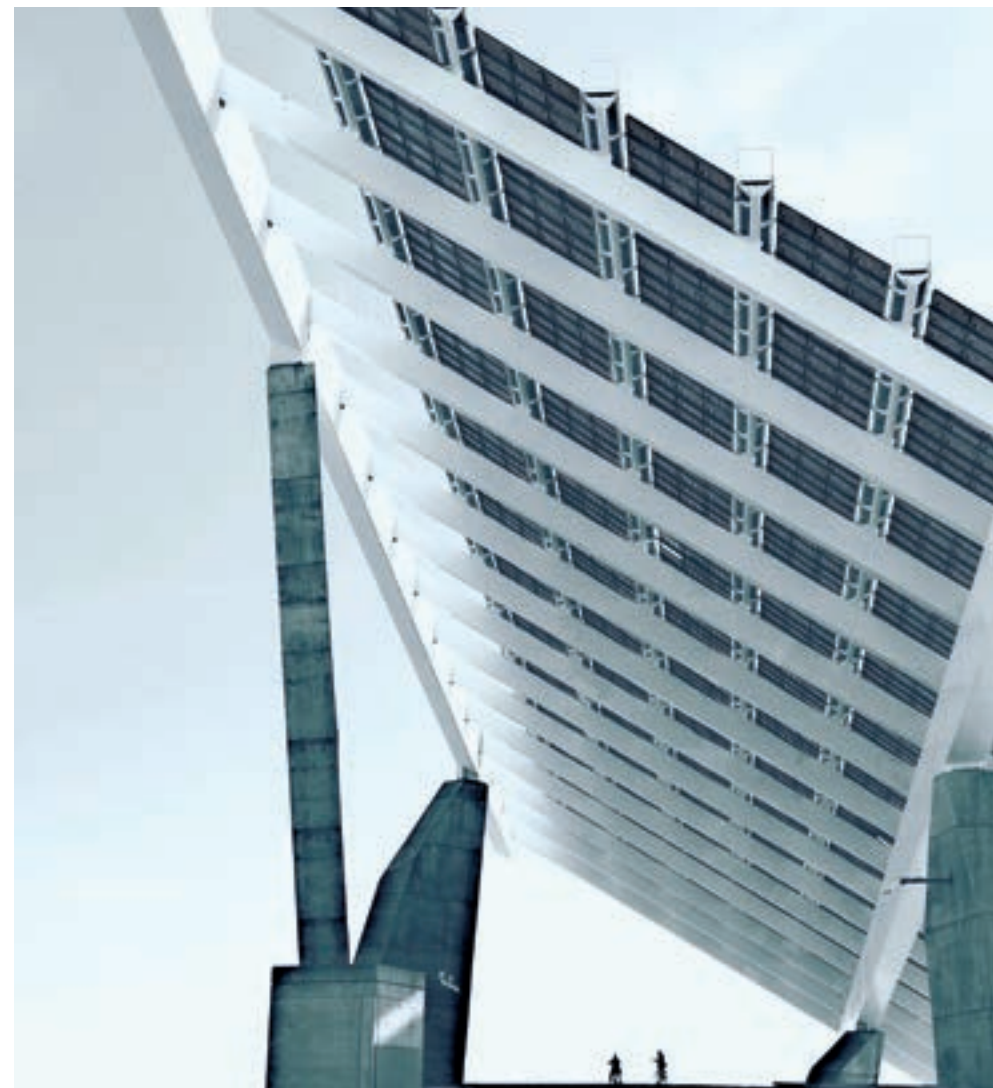
Allo stesso tempo, Ecosister ha generato e testato innovazioni in settori chiave come energia, materiali, manifattura, mobilità ed edilizia sostenibile. Le soluzioni nate nei laboratori, dal riciclo avanzato alla produzione di imballaggi bio-based, dagli algoritmi per l'ottimizzazione energetica ai sistemi digitali di monitoraggio, possono così essere trasferite alle imprese accelerandone l'adozione e dando loro un vantaggio competitivo reale.

Un altro fronte centrale ha riguardato il sostegno alla crescita industriale sostenibile: Ecosister ha costruito connessioni stabili tra università e imprese attraverso percorsi formativi, attività di matching, programmi di accelerazione e incubazione. Questo ha permesso alla ricerca di

affacciarsi nei processi produttivi, generando nuove competenze, nuovi mercati e un tessuto imprenditoriale più preparato alle trasformazioni in atto. Parallelamente, il progetto ha promosso una collaborazione ampia e inclusiva che ha coinvolto istituzioni, imprese, studenti, professionisti e cittadini, contribuendo a radicare la cultura della sostenibilità nella quotidianità regionale.

Un patrimonio che resta

Ecosister ha saputo trasformare un insieme complesso di attività, soggetti e visioni in un unico grande movimento collettivo verso la transizione ecologica dell'Emilia-Romagna. In tre anni il progetto ha costruito un'infrastruttura immateriale che oggi collega università, enti di ricerca, imprese, istituzioni e comunità locali in un ecosistema capace di generare conoscenza, innovazione e nuove competenze. La sua architettura ha reso possibile un dialogo strutturato tra ricerca scientifica, bisogni produttivi e istanze sociali, permettendo di affrontare la transizione come un vero processo di cambiamento socio-tecnico. Il lavoro svolto ha prodotto risultati significativi e misurabili. Le 309 linee di ricerca sviluppate nei sei Spoke hanno generato prototipi, dimostratori, metodologie e soluzioni spesso già in fase di trasferimento industriale, con una forte concentrazione nei settori strategici della Regione: energia e sviluppo sostenibile, edilizia, agroalimentare, meccatronica e motoristica. Parallelamente, il TTIP ha attivato oltre 30 programmi, coinvolto più di 250 imprese, 150 start-up e spin-off, 900 tra dottorandi e ricercatori, e oltre 12.000 partecipanti agli eventi, creando una rete stabile di collaborazioni e un linguaggio comune tra ricerca e industria. Questo impegno potrà permettere di ridurre il



gap tra domanda e offerta di competenze, sostenere la nascita di nuove iniziative imprenditoriali e rafforzare il ruolo dell'innovazione sostenibile nelle filiere produttive della *Smart Specialization Strategy* regionale. Allo stesso tempo, il lavoro sul territorio, dalle sfide ai percorsi di coinvolgimento delle comunità, ha contribuito a superare resistenze cul-

turali e a radicare localmente i processi di transizione. Ecosister resterà quindi come un'infrastruttura destinata a durare, *in primis* per il suo patrimonio di relazioni, competenze e risultati che continuerà a orientare la traiettoria di sviluppo dell'Emilia-Romagna, ponendola in prima linea nella transizione ecologica italiana ed europea.

Il progetto di trasferimento tecnologico e innovazione di Ecosister

di Arianna Cecchi, Stefania Greco, Gabriella Gualandi, Gianluca Marchi, Sara Monesi, Sveva Ruggiero e Lucie Sanchez

Il valore del trasferimento tecnologico in un ecosistema

di Gianluca Marchi e Sara Monesi

In un ecosistema dell'innovazione maturo e dinamico come quello dell'Emilia-Romagna, il trasferimento tecnologico rappresenta un elemento essenziale per mantenere nel tempo un alto livello di competitività, sostenibilità e capacità di rinnovarsi. Non basta generare conoscenza: è necessario che i risultati della ricerca trovino percorsi concreti per trasformarsi in valore economico, sociale e ambientale, rafforzando in questo modo il tessuto produttivo, sostenendo la transizione ecologica e migliorando la qualità della vita delle persone. Questo processo – che richiede visione sistemica, capacità di ascolto e competenze multidisciplinari – consente di creare un circolo virtuoso tra università, imprese, istituzioni e territori, nel quale la conoscenza si traduce in innovazione diffusa e impatto reale.

Nel progetto Ecosister, sostenuto da oltre 111 milioni di euro di risorse PNRR, di cui 17 milioni dedicati al trasferimento tecnologico, questa dimensione assume un ruolo strategico: non solo per la portata economica, ma per la capacità di connet-

tere attori, esperienze e obiettivi in una logica integrata e collaborativa. Il programma di Trasferimento Tecnologico e Innovazione di Ecosister rappresenta il motore di questo processo: trasforma risultati di ricerca in opportunità per imprese, start-up, enti territoriali e cittadini, e contribuendo in modo concreto alla transizione verde dell'intero ecosistema regionale.

Il programma di trasferimento tecnologico di Ecosister: un grande piano operativo condiviso

Il programma di trasferimento tecnologico è stato concepito come una componente fondamentale del progetto Ecosister, con l'obiettivo di generare un impatto tangibile sull'ecosistema regionale, valorizzare le competenze e le conoscenze innovative prodotte nell'ambito della ricerca a beneficio di tutti gli attori chiave: imprese, start-up, spin-off, team imprenditoriali, giovani ricercatori, territori e cittadini.

L'impianto operativo del programma si fonda su tre pilastri principali: 1) Clusterizzazione per target e obiettivi. L'obiettivo generale è stato articolato in sotto-obiettivi specifici, coerenti e siner-

gici, da cui sono derivati 30 programmi realizzati in circa due anni e mezzo; 2) Project management e co-progettazione. Le attività hanno coinvolto 23 partner e oltre 160 persone, secondo un piano esecutivo dettagliato, con task mensili e un costante confronto volto a valorizzare le competenze di ciascun soggetto e a garantire un'offerta coerente e di valore per i beneficiari; 3) Approccio iterativo. I programmi sono stati sviluppati per cicli successivi, con un progressivo amplia-

mento del coinvolgimento dei ricercatori e dei beneficiari dei programmi e un continuo miglioramento sulla base dei feedback raccolti. È stato raggiunto un livello di soddisfazione medio pari a 4,5 su 5 tra i partecipanti.

I programmi per target

Dottorandi e ricercatori: programmi per rafforzare le loro competenze e favorire l'incontro con la domanda di innovazio-



ne delle imprese, per renderli essi stessi driver dell'innovazione per la transizione verde e digitale.

Imprenditorialità: percorsi dedicati a studenti, team di ricerca, start-up e spin-off, in un'ottica di rete regionale e con uno sguardo internazionale, per promuovere la valorizzazione dei risultati della ricerca attraverso la creazione di impresa.

Imprese: interventi di supporto all'analisi dei fabbisogni di innovazione e alla ricerca di soluzioni di open innovation, coinvolgendo ricercatori, start-up, spin-off e altre imprese a livello regionale, nazionale e internazionale.

Territori: programmi di accompagnamento di enti locali e realtà territoriali nell'individuazione dei fabbisogni di cambiamento e nella co-progettazione di soluzioni innovative con il mondo della ricerca e dell'impresa, generando ricadute dirette sui cittadini e sulle comunità locali.

Rilevanza nel contesto dell'ecosistema dell'Emilia-Romagna

L'impatto del programma a livello regionale è stato ampio e diffuso, come dimostrano i principali indicatori: oltre 12.000 persone coinvolte in programmi, eventi, interviste e focus group; più di 900 tra dottorandi, ricercatori e studenti partecipanti a iniziative di formazione esperienziale; oltre 250 imprese emiliano-romagnole impegnate in percorsi di open innovation e che hanno incontrato circa 600 solutori in più di 1.500 azioni di matching; 24 start-up e spin-off accelerate e 101 team imprenditoriali accompagnati nello sviluppo di idee imprenditoriali; 11 territori e 38 enti e associazioni del terzo

settore coinvolti in oltre 150 workshop e laboratori, che hanno contribuito a portare l'innovazione più vicina ai cittadini e alle comunità; più di 200 coach, tutor e investitori attivi nei diversi programmi.

Tutte le informazioni sui risultati raggiunti sono inoltre presenti e consultabili sulla piattaforma creata dal progetto <https://ttip.ecosister.it/>

Pillar Training di Stefania Greco

Focus sui programmi rivolti a ridurre il mismatch tra la domanda delle aziende e l'offerta di competenze di studenti, dottorandi e ricercatori.

Le azioni raggruppate nell'ambito del training sono state coordinate dall'Università di Modena e Reggio Emilia e mirano a ridurre il mismatch tra domanda e offerta di competenze per favorire la transizione ecologica. Il Pillar Training è caratterizzato dalla progettazione e sperimentazione di azioni mirate a: 1) favorire e promuovere le figure di dottorande e dottorandi, ricercatrici e ricercatori quali agenti dell'innovazione e connettori tra gli attori dell'ecosistema regionale, con percorsi di open innovation management per la transizione sostenibile, il confronto e dialogo con le imprese; 2) promuovere incontro e dialogo tra il tessuto produttivo e la formazione universitaria sui temi della transizione sostenibile, modellizzando e sperimentando modelli utili al miglioramento dei servizi e attività esistenti, e accrescere il protagonismo e le occasioni di dialogo tra le community di dottorande e dottorandi, ricercatrici e ricercatori.



Le attività sono state articolate in diverse linee di intervento. Una prima area riguarda l'identificazione e lo sviluppo di competenze chiave volte a rafforzare le competenze di dottorandi e ricercatori come agenti di innovazione all'interno dell'ecosistema regionale, sperimentando percorsi di gestione dell'innovazione aperta e di dialogo con le aziende. Una seconda linea di intervento ha visto la realizzazione di azioni che hanno avuto l'obiettivo di migliorare il dialogo tra la dimensione aziendale e quella universitaria sui temi della transizione sostenibile, attraverso la definizione e la sperimentazione di nuovi modelli per valorizzare i servizi e le attività esistenti. Infine, un'ultima branca di attività, trasversale alle precedenti, ha avuto l'obiettivo di potenziare le occasioni di confronto e di dialogo tra le diverse comunità di studenti, dottorandi e ricercatori su tematiche di loro interesse.

| Esempio di successo

Un'azione di impatto è stata l'organizzazione delle due edizioni annuali della Summer School estiva rivolta a dottorandi e ricercatori degli atenei e degli enti di ricerca regionali. Un percorso esperienziale immersivo, della durata di cinque giorni, totalmente gratuito e in lingua inglese, che ha avuto l'obiettivo di trasferire ai partecipanti la conoscenza dei principali strumenti di open innovation management finalizzati alla gestione dell'innovazione sui temi della transizione sostenibile. Attraverso lezioni frontali, lavori di gruppo su casi studio, testimonianze e occasioni anche informali di confronto e di networking con innovatori e imprese nazionali e internazionali, la Summer School è stata un'esperienza molto apprezzata dai 58 dottorandi che, nelle due edizioni proposte, hanno partecipato alle attività.

Pillar Incubazione di Sveva Ruggiero

Focus sui programmi rivolti a promuovere l'imprenditorialità di studenti, dottorandi e ricercatori.

I programmi si focalizzano sul sostegno allo sviluppo di nuove idee specificamente orientate a generare e maturare progetti di impresa, accompagnando la formazione di studenti e team capaci di dimostrarne la validità. Le azioni sono state coordinate dall'Università di Bologna e si fondano sulla valorizzazione delle attività di scouting svolte dalle università e dagli istituti di ricerca e orientate all'individuazione di progetti ad alto potenziale di trasformazione in iniziative imprenditoriali. Una volta intercettate le idee, il programma ha offerto due percorsi strutturati di supporto e formazione: il percorso Studenti, svolto dalle singole università secondo metodi e tempistiche condivisi, e il percorso Fattibilità, realizzato centralmente da ART-ER in parallelo con le attività della Start Cup Emilia-Romagna. L'integrazione tra Ecosister e Start Cup Emilia-Romagna costituisce un modello innovativo di collaborazione che unisce il sostegno alla creazione di imprese con background accademici (la Start Cup) con l'obiettivo di trasferire tecnologie e soluzioni per la transizione ecologica dal mondo della ricerca a quello imprenditoriale (Ecosister). Questa sinergia rafforza l'ecosistema regionale dell'innovazione, offrendo ai progetti selezionati percorsi strutturati di formazione, coaching e accesso al mercato¹.

In particolare, quest'ultimo ha previsto giornate intensive di formazione dedicate alla preparazione di un pitch e al primo contatto con potenziali clienti, sessioni di

coaching individuale e di gruppo durante le quali vengono affrontati temi centrali come la costruzione di un business model sostenibile, la protezione della proprietà intellettuale e i fondamenti di finanza.

Nel corso delle tre annualità, entrambi i percorsi hanno previsto un importante evento di presentazione delle idee e dei team più interessanti: per il percorso Studenti, lo Startup Day; per il percorso Fattibilità, la finale della Start Cup Ecosister Emilia-Romagna.

Le attività del programma di Incubazione prevedono inoltre, per i progetti con maggiori potenzialità di crescita, la possibilità di partecipare agli International Mindset, iniziative che hanno l'obiettivo di favorire l'internazionalizzazione di progetti innovativi legati alla transizione ecologica, rafforzando la capacità dei progetti imprenditoriali di confrontarsi con mercati e modelli imprenditoriali globali. A tal fine, le idee imprenditoriali più promettenti emerse dai due percorsi Studenti e Fattibilità di Ecosister, hanno beneficiato di opportunità di formazione e networking grazie all'erogazione di contributi economici vincolati a percorsi di apprendimento all'estero.

| Un esempio di successo

2G Carbons è una start-up che da una nuova vita agli scarti agroindustriali, trasformandoli in materiali avanzati per la depurazione delle acque. Il risultato finale è un fertilizzante straordinariamente efficace e sostenibile che chiude il ciclo in modo ecologico e innovativo.

Il team conta su un gruppo numeroso e affiatato composto da undici persone che lavorano insieme da diversi anni nello stesso team di ricerca dell'Università di

Bologna con formazione e competenze diverse ma tutte interessate alla sostenibilità ambientale. La start-up ha attraversato tre dei programmi di Ecosister per il trasferimento tecnologico: partendo dalla partecipazione come team alla Masterclass sulla valorizzazione dei risultati della ricerca, ha seguito poi un percorso all'interno della StartCup Ecosister e infine, una volta costituita, ha partecipato al percorso di accelerazione. È un caso concreto di ricercatori "dell'ultimo miglio", capaci di valorizzare i brevetti futuri e portare l'innovazione a livello nazionale e internazionale.

Pillar Accelerazione di Lucie Sanchez

Focus sui programmi rivolti ad accelerare start-up e spin-off regionali

L'Ecosister Accelerator, coordinato dal Consiglio Nazionale per le Ricerche, ha svolto una fondamentale attività di supporto a spin-off e start-up innovative per sviluppare nuovi mercati, lanciare prodotti e servizi innovativi e supportare aziende consolidate, istituzioni e cittadini nel ridurre il proprio impatto ambientale e affrontare il difficile percorso di transizione ecologica. Le attività si sono articolate in tre edizioni ognuna delle quali è durata sei mesi e ha visto l'erogazione di un set articolato di servizi di base e on demand, completamente equity free. Tra questi troviamo: assessment personalizzati per valutare il grado di maturità delle start-up, percorsi formativi e di coaching, mentoring con esperti e imprenditori, consulenze specialistiche, servizi di comunicazione e networking; l'assessment della sostenibilità; il supporto al fundraising. Inoltre, le imprese



hanno avuto accesso a consulenze manageriali e tecnologiche su richiesta, nonché a laboratori e opportunità di partecipazione a fiere e conferenze.

L'Ecosister Accelerator si distingue non solo per l'ampiezza dei servizi offerti, ma anche per la sua capacità di generare risultati concreti per le start-up e gli spin-off partecipanti. Durante ogni percorso, le start-up e gli spin-off beneficiari hanno potuto migliorare in modo significativo il proprio business plan, definire un piano di sviluppo a medio termine, acquisire competenze specifiche in ambito di sostenibilità e predisporre materiali di comunicazione professionali, come i video pitch diffusi attraverso i canali digitali di Ecosister e dei partner regionali. Un ulteriore elemento di valore riguarda

il carattere internazionale e intersettoriale delle attività di networking messe a disposizione, che hanno permesso ai team di entrare in contatto con laboratori di ricerca, potenziali clienti e investitori, ma anche con altre start-up impegnate nei diversi ambiti della transizione ecologica. Questo confronto ha favorito la nascita di collaborazioni trasversali e la condivisione di esperienze².

| Un esempio di successo

Le attività del Pillar Accelerazione di Ecosister hanno accompagnato le start-up e gli spin-off nello sviluppo di soluzioni capaci di coniugare efficienza digitale e sostenibilità ambientale. Un esempio di successo è Reloo, spin-off dell'Università di Modena e Reggio Emilia, che ha

sviluppato Andromeda, una piattaforma che integra i large language model con i dati aziendali, inclusi quelli non strutturati come documenti, immagini o video. Questa tecnologia consente di velocizzare i processi, generare risposte automatizzate e pertinenti, ottimizzare i consumi e ridurre le emissioni. Reloo collabora già con aziende IT e mira a diventare un punto di riferimento per l'uso scalabile ed etico dell'intelligenza artificiale generativa a servizio della sostenibilità.

Pillar Trasferimento Tecnologico di Gabriella Gualandi

| Focus sui programmi rivolti a favorire l'open innovation tra le piccole medie e grandi imprese

Il rafforzamento del legame tra imprese, start-up e ricercatori è stato affrontato grazie ai programmi di Trasferimento Tecnologico orientati all'open innovation, coordinati dall'Università di Parma. A fronte della difficoltà di penetrazione delle innovazioni, individuata come una barriera importante all'avanzamento del processo di transizione, questi programmi hanno investito sull'open innovation orientata al rafforzamento dei legami tra imprese, start-up, enti di ricerca pubblici e università. L'obiettivo in questo senso è stato duplice: da un lato promuovere la ricerca industriale come motore di crescita economica sostenibile, dall'altro aumentare la competitività del sistema produttivo regionale, favorendo la diffusione di nuove tecnologie e la collaborazione lungo le catene del valore. Le attività sono state strutturate in tre programmi principali: International Open Innovation Programme (IOIP), Open Innovation Scouting (OIS) e Cascading Calls for Strategic Projects Strategic Projects

(SP) – ai quali si aggiunge l'iniziativa trasversale della Mappatura Innovazione Aperta (MIA).

Il programma IOIP ha adottato un approccio challenge-based: le imprese dell'Emilia-Romagna hanno proposto sfide specifiche alle quali hanno risposto solutori individuati attraverso un'attività di scouting internazionale. L'obiettivo primario del programma è instaurare collaborazioni formali che possono spaziare da partnership di ricerca e sviluppo di Proof of Concept alla creazione di prototipi integrati o all'acquisizione di soluzioni già pronte per il mercato.

Il programma OIS si distingue per un approccio definito technology-based & curiosity-driven e si sviluppa in contesto puramente regionale: sono infatti i ricercatori e i gruppi di ricerca regionali a presentare tecnologie di potenziale interesse per le imprese. Le imprese vengono dunque inserite, all'interno di questo rapporto, in una posizione di ascolto nei confronti delle proposte provenienti dal mondo della ricerca. Attraverso incontri plenari e momenti di confronto individuale, le aziende vengono messe nelle condizioni di poter valutare nuove soluzioni e instaurare collaborazioni orientate alla sostenibilità.

Con il bando Cascading Calls for Strategic Projects, il progetto Ecosister finanzia progetti orientati al mercato attraverso bandi a cascata, stimolando la realizzazione di Proof of Concept in collaborazione tra imprese, start-up e centri di ricerca. La finalità principale del programma Strategic Projects è sostenere la realizzazione di Proof of Concept orientati al mercato, favorendo il passaggio dalla fase sperimentale alla concreta applicazione industriale. Il programma Strategic Projects offre alle

imprese servizi di supporto dedicati alla redazione dei contratti e all'adempimento degli aspetti legali, proprietà intellettuale, studi di fattibilità, indagini di mercato e gestione dell'innovazione³.

Elemento trasversale a tutti i programmi è la Mappatura dell'Innovazione Aperta (MIA), indagine sviluppata da ART-ER che ha supportato le imprese nella comprensione e gestione dei processi di open innovation⁴.

| Esempio di successo

Il programma di OIS ha favorito la nascita della collaborazione tra l'azienda KPI6 e il gruppo di ricerca Reloo (spin-off di UNIMORE). In questo contesto, KPI6 collabora con Reloo come partner tecnico per la realizzazione di progetti di ricerca & sviluppo (r&d) e innovazione basati su tecnologie di intelligenza artificiale generativa (generative ai). Questa partnership nasce per rispondere alla crescente domanda di soluzioni avanzate da parte dei clienti KPI6, unisce competenze tecnologiche di alto livello e una profonda conoscenza dei processi di ricerca di mercato generativa; KPI6 gestisce il rapporto commerciale e strategico con il cliente e Reloo fornisce il supporto tecnico-specialistico necessario. Il modello di collaborazione tra le due realtà partecipanti è basato sul co-design (basandosi su brief finanziati direttamente dai clienti), mentre il modello economico è basato su un revenue sharing, in cui le due società condividono ricavi e proprietà intellettuale in base al contributo tecnico e progettuale.

Tra i casi di successo rispetto alla mappatura MIA vi è quello di GreenBone Ortho, piccola impresa innovativa con sede a Faenza e attiva nel settore biomedicale, che ha potuto valorizzare la propria espe-

rienza di ricerca collaborativa con centri di ricerca regionali. Grazie a MIA, l'azienda ha potuto misurare il proprio livello di apertura e maturità innovativa rispetto al benchmark regionale e partecipare al programma IOIP che a sua volta ha permesso di avviare nuove rafforzando le collaborazioni nel campo dei biomateriali avanzati per la rigenerazione ossea e il trattamento delle metastasi⁵.

Pillar Public Engagement di Arianna Cecchi

| Focus sui programmi rivolti a favorire il cambiamento trasformativo dei territori

Il Pillar Public Engagement è coordinato dall'Università di Ferrara e coinvolge organizzazioni della società civile, associazioni e pubbliche amministrazioni del territorio regionale nella co-progettazione di azioni innovative e progetti orientati ai principi della ricerca e dell'innovazione responsabili verso la transizione ecologica. Attraverso un approccio inclusivo e partecipativo, il programma propone la sperimentazione di percorsi di innovazione territoriale bottom-up, mirati a identificare e sviluppare soluzioni innovative per affrontare specifiche sfide della società legate alla transizione ecologica.

In particolare, ha sperimentato un modello di Innovazione Territoriale Trasformativa (ITT) in grado di operare su sfide sistemiche complesse senza perdere però il proprio fondamentale radicamento nel contesto locale. Undici sfide di transizione ecologica sono state identificate tramite un bando pubblico e a partire da queste si sono sviluppati altrettanti Percorsi di Innovazione Territoriale Trasformativa in tutte le province regionali.

Le sfide sono state presentate prevalentemente da organizzazioni della società civile ed enti pubblici, ed hanno poi coinvolto ricercatori, start-up, imprese innovative, in percorsi inclusivi e partecipativi finalizzati a identificare e sviluppare soluzioni fortemente radicate nei bisogni e nelle sfide di transizione ecologica specifiche di ogni territorio coinvolto, prestando particolare attenzione all'inclusione ed alla valorizzazione dei gruppi più vulnerabili.

Gli undici Percorsi ITT hanno toccato temi di transizione ecologica differenti spaziando dalla biodiversità alle energie rinnovabili, dall'ambiente urbano sostenibile all'economia circolare, con la peculiarità di essere tutti associati ad una forte componente sociale caratterizzata da un'attenzione alle fasce sociali più fragili. Per supportare i Percorsi ITT, le università hanno nominato Agenti di Innovazione Territoriale Trasformativa incaricati di coordinare le attività e di facilitare la partecipazione degli attori locali.

I risultati delle attività sono stati sintetizzati nel report "Percorsi di Innovazione su Sfide territoriali di transizione ecologica"⁶, una cassetta degli attrezzi metodologica che, oltre a raccontare le 11 sfide e soluzioni individuate, sintetizza strumenti e pratiche per il lavoro di comunità.

| Esempi di successo

A Goro la presenza del granchio blu, identificato come minaccia grave per la molluschicoltura e la biodiversità, è stata trasformata in occasione per sviluppare una maggiore resilienza economica del territorio, anche tramite l'innovazione sociale grazie al percorso S.T.A.G.E., Sfida Trasformativa per l'Acquacoltura di Goro in Evoluzione. La soluzione identificata per S.T.A.G.E è "Delta 48h Experience – Itinerari sostenibili tra natura e tradizione"; questa propone lo sviluppo di una mappa interattiva, inclusiva e navigabile di iniziative turistiche locali per promuovere un turismo lento, accessibile e a basso impatto introducendo un modello di "turismo delle 48 ore". Lo sviluppo partecipato di questa soluzione porterà a valorizzare esperienze esistenti creando al tempo stesso nuove opportunità per gli operatori economici locali.

Nell'Appennino parmense-piacentino, con centro nel Comune di Bardi, il progetto "The New Forest" ha posto il patrimonio boschivo al centro di strategie di rigenerazione territoriale, incontrando una soluzione che propone di realizzare la fattibilità di filiere innovative in grado di trasformare i prodotti e gli scarti forestali in prodotti ad alto valore aggiunto per diverse filiere contribuendo a contrastare lo spopolamento delle aree montane.

Note:

- (1) Per approfondire i programmi di incubazione: <https://ttip.ecosister.it/it/pillar-incubazione>
- (2) Per approfondire i programmi di accelerazione: <https://ttip.ecosister.it/it/pillar-accelerazione>
- (3) Per approfondire i programmi di trasferimento tecnologico: <https://ttip.ecosister.it/it/pillar-trasferimento-tecnologico>
- (4) Per approfondire è possibile scaricare il report MIA: <https://ttip.ecosister.it/it/pillar-trasferimento-tecnologico/mappatura-innovazione-aperta-mia>
- (5) Per approfondire il caso del report MIA: <https://ttip.ecosister.it/news/news/145/la-mia-storia-1>
- (6) Per approfondire il programma di public engagement e scaricare il report: <https://ttip.ecosister.it/it/public-engagement>

I risultati del progetto Ecosister

di Enrico Cancila, Luca Congedo, Cassandra Fontana, Francesca Lioce e Stefano Valentini

Questo contributo, che sintetizza le conclusioni di un rapporto realizzato da ART-ER tramite il monitoraggio in itinere di Ecosister – l'Ecosistema Territoriale di Innovazione dell'Emilia-Romagna che ha l'obiettivo di rendere la transizione ecologica un percorso concreto, condiviso e radicato nel territorio regionale – documenta i risultati del progetto, contestualizzandoli nel quadro delle politiche regionali e individuandone anche possibili connessioni con settori industriali. L'iniziativa ha rafforzato la rete di collaborazione tra università, enti di ricerca, imprese, istituzioni e società civile, promuovendo un modello di "quadrupla elica" che è al centro delle politiche europee e regionali per la sostenibilità. Il documento non solo presenta i risultati conseguiti, ma testimonia anche la costruzione di un'infrastruttura immateriale destinata a produrre valore nel tempo, generando conoscenza, innovazione e nuove competenze a servizio del sistema produttivo e della collettività.

Il progetto è nato per sostenere la transizione ecologica del sistema socioeconomico regionale e rafforzare le connessioni tra ricerca, impresa e territorio. Il progetto è finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca nell'ambito del Piano

Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR – Missione 4 componente 2 Investimento 1.5), contribuendo al processo di transizione attraverso l'indirizzamento della produzione scientifica e la promozione di soluzioni innovative in chiave ecologica. La governance è attuata da una Fondazione costituita nel giugno 2022. I 10 fondatori includono le quattro università regionali (UNIBO, UNIFE, UNIMORE, UNIPR), altre università che operano sul territorio regionale (Cattolica del Sacro Cuore, Politecnico di Milano), enti pubblici di ricerca nazionali (CNR, ENEA, INFN) e ART-ER, la società consortile dell'Emilia-Romagna nata per favorire la crescita sostenibile della regione attraverso lo sviluppo dell'innovazione e della conoscenza, l'attrattività e l'internazionalizzazione del territorio. Oltre ai fondatori, la Fondazione Ecosister ha individuato 23 soggetti affiliati, che agiscono come intermediari strategici tra il mondo accademico e i settori produttivi. Molti di questi sono accreditati nella Rete Alta Tecnologia dell'Emilia-Romagna e/o coinvolti nei Clust-ER, e sono spesso partenariati pubblico-privati (come BI-REX, Centro Ceramico, Proambiente, T3LAB e Almacube), garantendo sinergie con le reti imprenditoriali esistenti.

L'attività si è sviluppata intorno a tre temi principali: governance e policy (collaborazione tra attori e coordinamento multilivello), ricerca, innovazione e sviluppo di competenze (riduzione del divario tra domanda e offerta di competenze) e coinvolgimento della società (superamento delle resistenze culturali e appropriazione locale dei processi di transizione).

| Gli Spoke e i Pillar

Il progetto si sviluppa lungo due direttrici principali: la ricerca e il Programma di Innovazione e Trasferimento Tecnologico (TTIP) il quale mira a trasferire i risultati della ricerca industriale orientata alla sostenibilità climatica e ambientale. Inoltre, come detto in precedenza, il progetto è strutturato secondo il modello "Hub and Spoke": la ricerca è stata strutturata su 6 Spoke con la Fondazione Ecosister che funge da Hub, ognuno dei quali coordinato da una delle università regionali e dal CNR.

I sei Spoke sono: SPOKE 1 – Materiali sostenibili, SPOKE 2 – Energia pulita, SPOKE 3 – Manifattura verde, SPOKE 4 – Mobilità e edilizia sostenibili, SPOKE 5 – Economia circolare e blue economy, SPOKE 6 – Tecnologie HPC (high-performance computing).

Il TTIP poggia su 5 pilastri (Pillar), coordinati con il supporto di ART-ER: 1) Accelerazione (coordinato dal CNR), supporto e accompagnamento per start-up e spin-off universitari che offrono soluzioni per la sostenibilità ambientale; 2) Formazione (Training) (coordinato da UNIMORE), creazione di opportunità di apprendimento e promozione della relazione tra ricerca e impresa; 3) Incubazione (coordinato da UNIBO), sostegno a studenti e team

imprenditoriali nello sviluppo di progetti imprenditoriali incentrati sulla transizione ecologica; 4) Trasferimento Tecnologico (coordinato da UNIPR), sostegno al trasferimento tecnologico tra ricerca e industria per la transizione ecologica; 5) Public Engagement (coordinato da UNIFE), co-progettazione con le comunità locali e i territori di azioni innovative orientate alla transizione ecologica.

La relazione tra Spoke e Pillar è bidirezionale, con tutti i soggetti coinvolti nelle attività di ricerca che beneficiano trasversalmente delle azioni di trasferimento tecnologico e viceversa.

Dalla conoscenza all'azione: il ruolo del progetto come catalizzatore di innovazione sostenibile sui territori

Negli ultimi anni, la transizione ecologica ha assunto un ruolo sempre più centrale nelle policy regionali ed europee, affermandosi come una priorità condivisa a più livelli di governo. Parallelamente, anche il dibattito accademico si è ampliato: i *transition studies*, nati negli anni Novanta con l'obiettivo di analizzare i processi di cambiamento dei sistemi tecnologici ed economici, hanno progressivamente esteso il loro campo di indagine includendo le sfide ambientali e di sostenibilità, fino a proporsi oggi come uno dei principali quadri teorici per interpretare i processi di trasformazione socio-tecnica ed ecologica¹.

Da queste riflessioni è emerso come i processi di trasformazione verso la sostenibilità non seguano percorsi lineari né siano determinati esclusivamente da fattori tecnologici. Al contrario, si tratta di processi caratterizzati da intrecci complessi tra innovazioni, istituzioni, attori

economici e sociali e dinamiche territoriali². La natura non lineare e adattiva di questi processi si accompagna a un'elevata dipendenza dai percorsi pregressi (*path dependency*) e a una struttura multilivello, nella quale interagiscono innovazioni di nicchia, regimi consolidati e dinamiche contestuali³.

In particolare, le nicchie sono spazi protetti in cui attori diversi sperimentano soluzioni innovative, spesso radicali, che possono includere non solo nuove tecnologie ma anche pratiche sociali e istituzionali⁴. I regimi costituiscono invece configurazioni stabili – tecnologiche, economiche, normative – che garantiscono continuità ma tendono a resistere al cambiamento.

A livello di contesto, l'Emilia-Romagna è attraversata da processi di lungo periodo che ne condizionano profondamente le possibilità di trasformazione: il cambiamento climatico e gli eventi estremi, come le recenti alluvioni, la crisi energetica e le conseguenze della pandemia, ma anche dinamiche socio-demografiche e culturali che modificano la domanda di servizi e la percezione della sostenibilità.

Sul piano dei regimi consolidati, l'Emilia-Romagna presenta un sistema socio-economico fortemente strutturato, incentrato su filiere manifatturiere e produttive che hanno garantito competitività e occupazione, ma che oggi devono affrontare la sfida della sostenibilità ambientale in mercati globali sempre più competitivi. Gli ambiti di specializzazione produttiva S3⁵ come l'agroalimentare, la meccatronica e motoristica, e l'edilizia rappresentano i pilastri dell'economia regionale e al tempo stesso i nodi più complessi della transizione ecologica.

Ecosister si inserisce in questo scenario come un'infrastruttura immateriale che traduce in azioni la centralità della transizione ecologica, rafforzando i legami tra ricerca, impresa e territorio. Agisce sui regimi consolidati dell'Emilia-Romagna, come le filiere manifatturiere, orientando la produzione scientifica e tecnologica verso soluzioni sostenibili. Inoltre, il progetto genera, incuba e fa crescere nicchie innovative attraverso i sei Spoke di ricerca e il Programma di Innovazione e Trasferimento Tecnologico (TTIP), che supporta start-up, spin-off e progetti sperimentali.

Interpretato con le lenti dei *transition studies*, il progetto appare come un catalizzatore che mette in comunicazione nicchie e regimi in un contesto caratterizzato da pressioni esterne sempre più stringenti. Il progetto ha prodotto nuove traiettorie di innovazione, ne sostiene la maturazione e ne facilita l'integrazione nei settori economici regionali. Allo stesso tempo, affronta le barriere di governance, conoscenza e partecipazione, mostrando come le politiche pubbliche possano creare condizioni favorevoli per la diffusione delle innovazioni chiave per la transizione.

La transizione ecologica tra strategie europee, nazionali e regionali

Ecosister ha adottato la definizione di transizione ecologica data dalla Tassonomia UE (Regolamento UE 2020/852), un sistema di classificazione che definisce le attività economiche ecosostenibili. Questa scelta garantisce un linguaggio comune a livello europeo e internazionale, trasparenza e comparabilità. La tassonomia ha tre obiettivi principali: orientare gli investimenti verso la transizione ecologica, fornire criteri chiari per contrastare il *greenwashing* e accrescere la fiducia degli investitori.

La tassonomia si articola su sei obiettivi ambientali di primo livello: mitigazione dei cambiamenti climatici (con attività come produzione di energia rinnovabile, efficienza energetica, tecnologie a basse emissioni di carbonio per trasporti e mobilità, cattura della CO₂ e tecnologie abilitanti come digitalizzazione e intelligenza artificiale), adattamento ai cambiamenti climatici (sviluppo di soluzioni basate sulla natura, sistemi alimentari resilienti e tecnologie abilitanti), uso sostenibile e protezione delle risorse idriche e marine (tecnologie per la qualità delle acque, trattamento delle acque reflue, sistemi di gestione ed efficienza idrica), transizione verso un'economia circolare (produzione e design circolare, pratiche di uso circolare, recupero del valore circolare tramite riuso e riciclo, e supporto circolare con strumenti digitali e programmi educativi), prevenzione e riduzione dell'inquinamento (prevenzione o riduzione delle emissioni dirette di inquinanti, interventi di bonifica e risanamento, tecnologie abilitanti), protezione e ripristino della biodiversità e degli ecosistemi (conservazione e miglioramento degli ecosistemi naturali, uso sostenibile degli ecosistemi gestiti, riduzione della pressione sugli ecosistemi antropizzati).

Oltre a questi obiettivi, la tassonomia prevede quattro criteri di ecosostenibilità: contributo sostanziale (l'attività deve contribuire significativamente ad almeno uno dei sei obiettivi ambientali, anche come attività abilitante o di transizione), principio del non arrecare un danno significativo (DNSH) (l'attività non deve compromettere nessuno degli altri obiettivi ambientali lungo l'intero ciclo di vita del prodotto o servizio), conformità ai criteri di vaglio tecnico (rispetto delle condizioni e delle soglie stabilite dalla Commissione Europea), e rispetto delle

garanzie minime di salvaguardia in ambito sociale (le attività devono svolgersi nel rispetto dei diritti sociali fondamentali, in coerenza con le linee guida OCSE e i principi guida delle Nazioni Unite).

Questo impianto normativo permette di identificare in modo trasparente le attività che contribuiscono alla transizione ecologica e di orientare gli investimenti verso un modello di sviluppo sostenibile.

Inoltre, Ecosister ha utilizzato le filiere identificate nella Strategia di Specializzazione Intelligente (S3) della Regione Emilia-Romagna al fine di classificare i risultati della ricerca e gli attori coinvolti nel TTIP. Questo è stato fatto per avere un quadro preciso e accurato della ricaduta industriale delle attività svolte in funzione delle filiere considerate strategiche e di alto valore dalla Regione stessa. Le filiere S3 sono: energia e sviluppo sostenibile; sistema agroalimentare; sistema della meccatronica e della motoristica; sistema dell'edilizia e delle costruzioni; industrie della salute e del benessere; industrie culturali e creative; industria del turismo; innovazione nei servizi, trasformazione digitale e logistica.

Dalla ricerca al trasferimento tecnologico: i primi traguardi raggiunti

I risultati della ricerca hanno prodotto 309 "linee di ricerca"⁶, cioè percorsi di indagine scientifica strutturati e continuativi finalizzati ad un risultato di applicazione industriale.

La distribuzione delle linee di ricerca sulle filiere S3 vede una preponderanza di soluzioni afferenti al tema dell'energia e dello sviluppo sostenibile (circa un terzo del totale). Un ulteriore terzo è rappre-



sentato da edilizia e costruzioni e agroalimentare. Seguono, in ordine di rilevanza, innovazione nei servizi, meccatronica e motoristica, industrie della salute e del benessere e industrie culturali e creative.

La catalogazione delle linee di ricerca in relazione alla tassonomia UE ha mostrato la centralità delle attività di ricerca orientate a sostenere la transizione ad un'economia circolare (circa un terzo del totale) e la mitigazione del cambiamento climatico (poco meno di un ulteriore terzo). Seguono adattamento al cambiamento climatico (14%) e controllo e prevenzione dell'inquinamento (12%).

Il sostegno a un'economia circolare è pressoché equamente distribuito sulle filiere S3 più trainanti: energia e sviluppo sostenibile (20%), agroalimentare (19%), meccatronica (17%) e costruzioni (16%). L'obiettivo di mitigazione del cambiamento climatico è il secondo per rilevanza, con oltre un quarto del totale delle linee di ricerca. Più della metà (54%) di queste linee

sono applicabili nell'ambito dell'energia e sviluppo sostenibile, seguite dalla meccatronica e motoristica (circa 15%).

Per approfondire le potenzialità di applicazione e trasferimento tecnologico, è stato identificato per ogni linea di ricerca il settore economico di riferimento (codice ATECO). Al livello più alto (1 cifra), le linee di ricerca comprendono 11 settori, con le attività manifatturiere (45%) come più prevalenti. Al secondo livello (2 cifre), è stata rilevata un'ampia distribuzione su 29 attività economiche, con le prime tre per rilevanza nel campo della manifattura: fabbricazione di prodotti chimici (8%), fabbricazione di altri prodotti della lavorazione di minerali non metalliferi (7%, soprattutto industria ceramica) e fabbricazione di macchinari e apparecchiature n.c.a. (7%).

La classificazione delle linee di ricerca per tipologia di risultato ha dimostrato che più della metà delle ricerche sostenute è giunta a un livello prototipale e dimo-

strativo (70 prototipi e 26 dimostratori) impattando prevalentemente il settore delle attività manifatturiere e in misura minore la fornitura di acqua, gestione di reti fognarie e attività di trattamento dei rifiuti; l'agricoltura, silvicoltura e pesca; e la fornitura di energia elettrica, gas, vapore e aria condizionata.

Per sostenere l'avanzamento delle attività di ricerca applicata ad alto potenziale di ricaduta industriale, Fondazione Ecosister ha promosso un bando interno per accelerare il loro sviluppo verso un alto livello di maturità tecnologica (6-8 TRL). Questi 19 progetti ad alto TRL producono o produrranno a breve 15 prototipi e 4 dimostratori, ricadendo prevalentemente negli ambiti di specializzazione produttiva S3 dell'energia e sviluppo sostenibile (37%) e dell'agroalimentare (21%). Per quanto riguarda la tassonomia UE, le ricerche ad alto TRL ricadono per circa un terzo nelle attività a sostegno della transizione verso un'economia circolare (32%) e, a seguire, (26%) nelle attività volte a mitigare il cambiamento climatico.

I risultati del TTIP sono stati raccolti attraverso 18 indicatori chiave (KPI). L'analisi di questi indicatori restituisce un quadro dinamico con una numerosa partecipazione di attori differenziati per dimensione e tipologia. Il TTIP ha, infatti, coinvolto: 250+ imprese dall'Emilia-Romagna, di cui 118 coinvolte in oltre 1.500 attività di matching con 580 solutori (ricercatori, imprese e start-up, di cui 167 internazionali); 150+ tra start-up e spin-off coinvolti nelle attività del TTIP, di cui 24 accelerati e 101 team imprenditoriali incubati; 900+ PhD e ricercatori coinvolti in attività di formazione; 38 associazioni ed enti locali coinvolti in 11 sfide territoriali trasformatrici; 200+ coach e formatori; 42 investitori che hanno supportato

le attività. Il TTIP ha raggiunto questi risultati in circa 2 anni, realizzando 30 programmi dedicati, distribuiti tra i 5 Pillar, e 95 eventi che hanno visto il coinvolgimento di circa di 12.000 persone.

Il contributo di Ecosister nella produzione di conoscenza per gli ambiti di specializzazione produttiva S3

L'analisi delle linee di ricerca conferma come il progetto abbia rappresentato un fattore abilitante per l'innovazione nelle filiere S3. Infatti, è stata condotta un'analisi approfondita delle linee di ricerca in funzione delle filiere stesse e sono stati evidenziati i contributi della ricerca nel potenziarne il valore innovativo e competitivo. A seguire sono presentati i risultati dell'analisi in ordine di preponderanza delle linee di ricerca.

Energia e sviluppo sostenibile

La filiera dell'energia e dello sviluppo sostenibile è l'ambito con la più alta percentuale di linee di ricerca (21% del totale), cruciale per gli obiettivi di decarbonizzazione regionali. Questa filiera articola cinque filoni di ricerca emersi dal progetto: il primo filone riguarda l'innovazione dei materiali per la sostenibilità energetica e ambientale, in particolare le ricerche su materiali per la produzione e lo stoccaggio di energia, come celle a combustibile, materiali per impianti fotovoltaici e batterie, e materiali che migliorino l'efficienza energetica. Il secondo filone si concentra sulla gestione, conversione e stoccaggio di energia pulita, con ricerche su tecnologie di conversione da fonti rinnovabili, ottimizzazione dei sistemi di stoccaggio come batterie e idrogeno, gestione delle risorse energetiche distribuite e promozione dell'autoconsumo. Il

terzo filone riguarda lo sviluppo di un'economia circolare e valorizzazione dei rifiuti a fini energetici, tramite ricerche sulla valorizzazione di materiali di scarto per la produzione di energia, trattamento di acque reflue e rifiuti organici, e recupero di materiali critici. Il quarto filone è la progettazione di sistemi di mobilità e soluzioni abitative per città a emissioni zero, con approcci integrati per la mobi-

lità sostenibile e l'efficienza energetica urbana, e coinvolgimento delle comunità. In ultimo il quinto filone si occupa dell'utilizzo trasversale dell'HPC e delle nuove tecnologie digitali, con strumenti integrati per la gestione ambientale e l'adattamento ai cambiamenti climatici, applicazioni nella modellazione atmosferica, previsioni climatiche e simulazioni idrodinamiche.

ENERGIA E SVILUPPO SOSTENIBILE



6 progetti ad alto TRL

ARIS: Air filter/s protein nanofiberS
E4PV: Energy Efficient Embedded Electronics for Photovoltaics
HYTS: Hydrogen sensors for trace detection in indoor, outdoor and industrial environment
ACTI: Advanced CO₂ Transformation and Integration via high-TRL technologies
PHY2: Catalysts for hydrogen rich syngas production from pyrolysis of non-recyclable plastic waste materials
ARIA: Analysis and modelling of volatile compounds that generate odors during hot Asphalt processing with evaluation of the effect of porous filter aggregate for their reduction

Edilizia e costruzioni

Questo settore, fondamentale per l'economia regionale, presenta quattro filoni di ricerca. Il primo filone si concentra sullo sviluppo di materiali avanzati per l'edilizia e i processi industriali correlati, con focus su materiali innovativi, ecocompatibili e ad alte prestazioni, con l'uso di materie prime eco-sostenibili e riciclate. Il secondo filone si focalizza sullo sviluppo di un'economia circolare e la valorizzazione dei rifiuti nell'industria edile, con riutilizzo di rifiuti e sottoprodotti per nuovi materiali, con focus sulla

filiera delle piastrelle ceramiche e il riciclo di vari scarti. Il terzo filone è dedicato alla gestione dell'energia e la riduzione dell'impatto ambientale nei processi produttivi del settore, tramite l'ottimizzazione dei processi industriali per minimizzare la domanda energetica e l'uso di materiali pericolosi. Il quarto filone riguarda la digitalizzazione e la creazione di sistemi intelligenti per la gestione urbana, le infrastrutture e la conservazione del patrimonio, con tecnologie avanzate per il monitoraggio e la conservazione degli ambienti costruiti, con integrazione di BIM e GIS.

EDILIZIA E COSTRUZIONI



3 progetti ad alto TRL

HQMT: High-performance geopolymers concrete precast elements for tunnel rehabilitation
3WASPS: Advancements in the recycling processes of three common polymeric Wastes in Asphalt Pavements
CARBO-PLUS: Reconstructed CARBOn fabrics for mass Production of Low impact sustainable compositeS

Agroalimentare

L'agroalimentare è un pilastro dell'economia regionale, con cinque filoni di ricerca principali. Il primo riguarda l'economia circolare e la valorizzazione degli scarti e sottoprodotti agroalimentari, focalizzandosi sull'utilizzo di acido polilattico PLA e lo sviluppo di materiali composti sostenibili da scarti. Il secondo filone si concentra sullo sviluppo di materiali innovativi e imballaggi sostenibili e biodegradabili, con attenzione a imballaggi ecologici, film a base di prodotti naturali e bioplastiche. Il terzo filone è la digitalizzazione e sensoristica avanzata per l'a-

gricoltura e l'acquacoltura di precisione, che include lo sviluppo di biosensori per il monitoraggio della qualità alimentare e la rilevazione di inquinanti. Il quarto filone di ricerca affronta la resilienza al cambiamento climatico e la gestione sostenibile delle risorse idriche e del suolo in agricoltura, attraverso test in campo su metodi agricoli resilienti al clima e studi su fertilizzanti a basso impatto ambientale. Infine, il quinto filone riguarda la prevenzione e il controllo dell'inquinamento, con ricerche sull'uso di biochar per assorbire PFAS e soluzioni per la bonifica di acque marine e sedimenti.

AGROALIMENTARE



5 progetti ad alto TRL

FARM: Portable Optical Biosensor for Multi-Detection in Dairy Farms with a One-Health Perspective
SEEP: Biosensor-Based Wireless Sensor for Real-Time, In-Vivo Plant Monitoring in Precision Agriculture
PODS: Pilot for Optimized Detection and Identification of Plant Diseases
PURE: Modular system for water Purification and Reuse
ATOS: Advanced technologies from upcycling for on-site monitoring and remediation of waters and marine sediments in coastal areas

Innovazione nei servizi

Questo ambito è un motore di cambiamento per il sistema produttivo regionale, con tre filoni di ricerca: sviluppo di materiali e processi per la manifattura sostenibile e l'economia circolare; ottimizzazione di materiali e processi produttivi per ridurre l'impatto ambientale e promuovere l'efficienza energetica; sviluppo di tecnologie digitali avanzate per la transizione ecologica. L'innovazione dei servizi, all'interno

di Ecosister, si è occupata di impiego di Digital Twin, AI e Machine Learning per migliorare l'efficienza dei processi produttivi e ambientali. Inoltre, è importante menzionare quelle ricerche che si sono concentrate su AI & ML per l'ottimizzazione della mobilità multimodale, in particolare l'intersezione tra tecnologie digitali avanzate e modelli di mobilità e logistica sostenibile per progettare soluzioni di trasporto più efficienti e sicure, con attenzione alla logistica urbana a basse o zero emissioni.

INNOVAZIONE NEI SERVIZI



Meccatronica e motoristica

La meccatronica e motoristica è una delle filiere strategiche dell'Emilia-Romagna. Questo ambito si articola su tre filoni di ricerca: il primo è lo sviluppo di materiali avanzati per la sostenibilità e la transizione ecologica, con focus su materiali innovativi, leggeri e performanti per mobilità verde e settore aerospaziale, con grande attenzione al riciclo. Il secondo

filone si occupa di green manufacturing per un'economia sostenibile e promozione di una manifattura verde attraverso tecnologie, processi e sistemi produttivi che riducono difetti, emissioni e consumo energetico. Il terzo filone si concentra su HPC e le tecnologie dati per la transizione ecologica, ruolo strategico del calcolo ad alte prestazioni e dell'analisi dati per la scoperta computazionale di nuovi materiali.

MECCATRONICA E MOTORISTICA

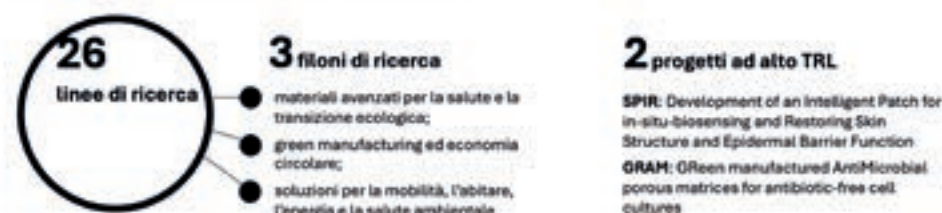


Industrie della salute e del benessere

L'industria della salute e del benessere si appoggia ad un ecosistema integrato tra industria, ricerca e servizi. La ricerca per questo settore si articola in tre filoni, il primo dei quali è sui materiali avanzati per la salute e la transizione ecologica, cioè lo sviluppo di soluzioni ad alto contenuto tecnologico per farmaceutica verde, biomateriali bio-based, biodegradabili e biocompatibili, e biosensori.

Il secondo filone è focalizzato sul green manufacturing ed economia circolare dei prodotti farmaceutici attraverso lo sviluppo di processi produttivi a basso impatto ambientale e riciclo o valorizzazione degli scarti. Il terzo filone riguarda le soluzioni per la mobilità, l'abitare, l'energia smart e la salute ambientale tramite la promozione di stili di vita sostenibili e trasformazione dei comportamenti e degli spazi urbani.

INDUSTRIE DELLA SALUTE E DEL BENESSERE



Turismo

Le ricerche in questo settore si sono focalizzate sulla valorizzazione del patrimonio culturale attraverso lo sviluppo di sistemi intelligenti per la gestione dei flussi in contesti urbani e storici e l'implementazione di modelli di turismo sostenibile per le riserve naturali. Inoltre, alcune ricerche si sono concentrate sulle tecnologie avanzate per il monitoraggio costiero e la qualità delle acque e bio-barriere costiere da scarti alimentari per mitigare l'erosione.

alla riduzione dell'impatto ambientale, attraverso l'analisi comparativa di metodi di fabbricazione additiva vs. convenzionale e l'uso del Design Computazionale e dell'ingegneria inversa. Si è altresì occupato dello sviluppo di biosensori e materiali innovativi da polimeri e rifiuti dell'industria alimentare e tessile.

Industrie culturali e creative

Questo ambito, pur con meno ricerche, ha generato innovazione significativa, concentrandosi su strategie per il recupero e la riprogettazione di beni di consumo, con attenzione alla sostenibilità e

L'innovazione all'ecosistema regionale apportata da Ecosister

La transizione ecologica in Emilia-Romagna incontra diverse barriere e sfide (ambientali, climatiche, economiche, tecnologiche, normative e sociali). Il documento strategico "Percorso per la neutralità carbonica prima del 2050" (2024) classifica queste barriere in tre fattori chiave: policy e governance; ricerca, innovazione e sviluppo di nuove competenze; coinvolgimento della società.



Il progetto ha rafforzato la collaborazione tra attori e il coordinamento multilivello. La Fondazione Ecosister, con la sua governance multilivello, ha agito come facilitatore, integrando le priorità regionali, nazionali ed europee. La “quadrupla elica” ha coinvolto ricerca, impresa, pubblica amministrazione e società civile, promuovendo una visione condivisa e un’azione coordinata.

Inoltre, il progetto ha ridotto il divario tra domanda e offerta di competenze. Attraverso gli Spoke, ha indirizzato la produzione scientifica verso soluzioni ecologiche per l’ecosistema industriale.

In contemporanea, il TTIP ha agito come meccanismo di trasferimento tecnologico, con programmi di accelerazione, incubazione e formazione che hanno coinvolto start-up, spin-off, PhD e ricercatori. Questo ha generato nuove competenze e favorito la creazione di idee imprenditoriali innovative.

Infine, questo progetto ha lavorato per superare le resistenze culturali e favorire l’appropriazione locale dei processi di transizione ecologica. Il Pillar Public Engagement ha, infatti, promosso il coinvolgimento delle comunità locali e dei territori in azioni innovative, partendo

dalle sfide concrete proposte da enti pubblici o organizzazioni del terzo settore.

| Considerazioni finali

Dall’analisi qualitativa delle linee di ricerca emerge la rilevanza dell’interdisciplinarietà, elemento distintivo del modello Ecosister e fattore determinante del suo impatto. La ricerca ha infatti valicato i confini dei laboratori, estendendosi alla sperimentazione in contesti reali, al coinvolgimento degli attori territoriali e all’attivazione di filiere produttive e reti collaborative. Inoltre, l’integrazione tra le due componenti del programma – ricerca e TTIP – ha consentito di connettere in modo continuo le attività di ricerca applicata e di trasferimento tecnologico, creando un percorso unitario capace di amplificarne i risultati.

Questo progetto ha rappresentato un’occasione straordinaria per l’evoluzione e il consolidamento dell’ecosistema regionale dell’innovazione in Emilia-Romagna. Il progetto ha dimostrato la capacità di tradurre le strategie di transizione ecologica in azioni concrete di ricerca applicata e trasferimento tecnologico. La centralità di ART-ER come fattore chiave ha assicurato la coerenza tra politiche e progetti.

In definitiva, l’ecosistema creato non è solo un progetto che ha prodotto risultati immediati, ma un’infrastruttura che continuerà a generare valore, conoscenza e innovazione, contribuendo in modo significativo alla transizione ecologica e allo sviluppo sostenibile dell’Emilia-Romagna.

Note:

- (¹) Zolfagharian, M., Walrave, B., Raven, R., & Romme, A. G. L. (2019). Studying transitions: Past, present, and future. *Research Policy*, 48(9), 103788. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.04.012>
- (²) Geels, F. W. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*, 31(8–9), 1257–1274. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00062-8](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00062-8)
- (³) Geels, F. W., & Schot, J. (2007). Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy*, 36(3), 399–417. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.01.003>
- (⁴) Shove, E., & Walker, G. (2010). Governing transitions in the sustainability of everyday life. *Research Policy*, 39(4), 471–476. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2010.01.019>
- (⁵) La Strategia di Specializzazione Intelligente (S3) è lo strumento di programmazione che dal 2014 l’Unione Europea richiede a Regioni e Stati membri per orientare gli investimenti in ricerca e innovazione. Questa individua gli ambiti di specializzazione produttiva e tecnologica di ciascun territorio, con l’obiettivo di concentrare risorse su settori ad alto potenziale di sviluppo, rafforzare la competitività e favorire una crescita. La Strategia S3 (2021-2027) dell’Emilia-Romagna adotta un approccio trasversale e cross-settoriale, organizzato attorno a tre assi principali: gli ambiti di specializzazione S3 legati ai sistemi produttivi regionali, quindici ambiti tematici dal carattere cross-settoriali che incrociano sfide globali e specializzazioni produttive e aree produttive ad alto potenziale di sviluppo.
- (⁶) Le linee di ricerca sono già consultabili online sul sito <https://ecosister.it/risultati/>, dove è possibile esplorare il database con filtri per Spoke, settori industriali ATECO, tipologia di risultato e organismo di ricerca. Ogni “scheda risultato” offre descrizioni della ricerca, riferimenti ai ricercatori coinvolti e dati utili per facilitare future collaborazioni.

Per la gentile concessione di alcune delle immagini presenti in questo numero si ringrazia:

Maurizio Sobrero (p.9), Vincenzo Colla (p.19), Marina Silverii (p.27), Marco Degani (p.35), Fabrizio Cobis (p.43), Gabriele Lobaccaro (p.53), Giovanni Molari (p.65), Laura Ramaciotti (p.69), Rita Cucchiara (p.75), Paolo Martelli (p.79), Vittorio Morandi (p.83), Michele Muccini (p.97), Marcello Romagnoli (p.111), Dario Croccolo (p.131), Felice Giuliani (p.159), Roberto De Renzi (p.211), Alice Ruini (p.211).

Crediti immagini:

Fotoreporter – Archivio Fotografico Regionale Emilia-Romagna (pp.10,19,22,28,33, 36,37,66,67,72, 195,212,216,219,226,227,23,235,249), Andrea Ranzi (p.33), CNR – Consiglio Nazionale delle Ricerche (p.86), Fondazione Ecosister (pp.150,186,196,198,200,201,224).



www.pandorarivista.it

