

Nature Co-Design: una nuova rivoluzione industriale “generativa”



**di Carlo Bagnoli
e Massimo Portincaso**

Per la prima volta nella storia dell'umanità siamo nella posizione di poter utilizzare la natura come una fabbrica a livello delle singole molecole. Un approccio radicalmente nuovo, basato sul deep tech, per l'industria manifatturiera globale e particolarmente appropriato per le imprese italiane.

La quarta rivoluzione industriale, nota anche come industria 4.0, ha occupato negli ultimi anni il dibattito sulle transizioni in atto nell'industria manifatturiera. Ma vi è una nuova rivoluzione all'orizzonte, potenzialmente molto più *disruptive*, che ambisce a sfruttare la natura come piattaforma manifatturiera a livello delle singole molecole. Questa innovazione si chiama **Nature Co-Design**.

Il Nature Co-Design utilizza microrganismi e forze su nanoscala per manipolare i singoli atomi e costruire molecole con le proprietà desiderate. La comprensione dei fenomeni intrinseci alla nanoscala permette di sfruttare le leggi naturali per creare materiali con proprietà inedite. Applicando i principi di assemblaggio presenti in natura possiamo memorizzare più informazioni in molecole di quanto potremmo mai fare su dischi rigidi. Possiamo creare materiali più flessibili del kevlar e più resistenti dell'acciaio. Possiamo creare magneti con campi elettromagnetici più potenti. Possiamo produrre macchine su scala nanometrica e oggetti autoassemblanti o autoriparanti. Dato che tutte le forme di vita sono fatte di carbonio e che questo ha la capacità di legarsi a ogni altro elemento, il Nature Co-Design permette di costruire quasi tutti i composti inorganici, utilizzando un'energia minima.

Questo sistema opera, quindi, su materiale sia organico, ricorrendo alla biologia, sia inorganico, ricorrendo alla chimica, alla scienza dei materiali e alla nanotecnologia. La scienza che studia gli esseri viventi è un laboratorio di ricerca, sviluppo e produzione attivo da tre miliardi di anni. Mette a disposizione il DNA – il sistema di archiviazione d'informazioni più efficiente in assoluto – e i suoi meccanismi di replicazione e selezione per la risoluzione dei problemi funzionando con composti sia organici che inorganici. Piuttosto che pensare alla biologia come a un insieme di vincoli dato, il Nature Co-Design applica i principi d'ingegneria per progettare materiali organici e inorganici aventi le proprietà e i comportamenti desiderati.

La biologia sintetica è il campo di applicazione più avanzato del Nature Co-Design e deve la sua crescita e accelerazione alla convergenza tra più tecnologie, *in primis* quelle per la lettura e scrittura del DNA, e allo sviluppo di strumenti per l'*editing* genetico come il CRISPR, ma anche le tecnologie computazionali, le piattaforme d'ingegneria degli organismi, i sistemi privi di cellule, il 3D *bioprinting* e la fermentazione di precisione. I crescenti investimenti nella biologia sintetica hanno portato alla realizzazione di biofonderie – strutture integrate, anche di piccole dimensioni, dove è possibile progettare, costruire e testare costrutti genetici – e allo sviluppo di piattaforme tecnologiche dedicate che rendono le infrastrutture necessarie per operare ampiamente accessibili anche alle PMI. Le innovazioni radicali che attualmente vediamo nella chimica e nella scienza dei materiali derivano dall'aumento della velocità con cui è possibile selezionare un composto promettente, testarlo e, infine, produrlo, anche grazie al ricorso all'intelligenza artificiale e alla robotica. La nanotecnologia va ancora oltre, permettendo di modificare le caratteristiche dei materiali a livello atomico, così da ottenere proprietà che prima non esistevano in natura. Invece di partire da materie note e cercare quella con le proprietà più adatte, il Nature Co-Design permette di partire dalle caratteristiche desiderate e identificare la nanoparticella che le possiede, per poi produrre il necessario componente attraverso la produzione additiva.

In sintesi, il Nature Co-Design riesce a ingegnerizzare le forme di vita per usarle come piattaforme manifatturiere super efficienti. La pressione evolutiva ha costretto i microrganismi a diventare incredibilmente efficienti dal punto di vista energetico. Progettando in laboratorio pressioni evolutive ulteriori, è possibile accelerare la selezione naturale dei microrganismi per scoprire la soluzione più efficiente a determinate sfide manifatturiere. Molti dei materiali creati

Possiamo creare magneti con campi elettromagnetici più potenti. Possiamo produrre macchine su scala nanometrica e oggetti autoassemblanti o autoriparanti.

attraverso i principi del Nature Co-Design saranno inoltre riciclabili, divenendo intrinsecamente sostenibili e rispondendo al bisogno di circolarità. Per la prima volta nella storia dell'umanità siamo nella posizione di poter utilizzare la natura come una fabbrica a livello atomico. È perciò possibile passare da un modello economico puramente "estrattivo-lineare", a un modello definibile come "(ri)generativo-circolare" in quanto i prodotti vengono generati atomo per atomo. Il Nature Co-Design apre la strada, infatti, a percorsi di crescita economica sostenibile completamente nuovi, creando soluzioni a livello nano in condizioni di pressione atmosferica e in ambienti a temperatura relativamente bassa. Questo evita il "saccheggio" delle risorse naturali (es. il petrolio) e il consumo di altre risorse naturali (es. il gas naturale) per raffinare le prime, al fine di arrivare al prodotto desiderato (es. la plastica).

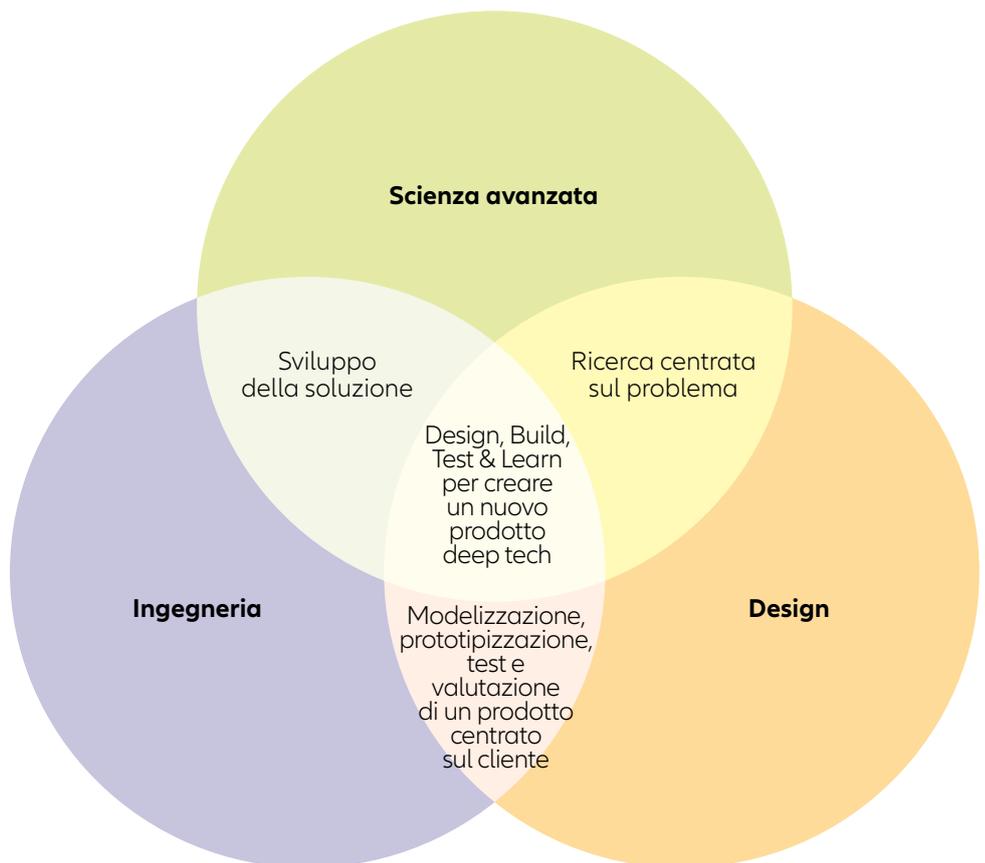
Il Nature Co-Design adotta l'approccio Deep Tech

Il Nature Co-Design adotta il *deep tech*, che non è una nuova tecnologia, ma un diverso approccio all'innovazione aziendale. Gli elementi che lo caratterizzano sono quattro:

1. L'orientamento ai problemi. Le imprese *deep tech* non partono da soluzioni tecnologiche nuove, ma da problemi di mercato "vecchi", in quanto spesso connessi a sfide fondamentali quali quelle collegate alla sostenibilità. Le imprese *deep tech*, si fondano sullo sviluppo di una ricerca di base ambendo a una comprensione profonda dei fenomeni ispirata, però, da considerazioni sui possibili usi della nuova conoscenza generata, classico punto di partenza, invece, della ricerca applicata.

Figura 1

Le convergenze tra gli ambiti disciplinari nell'approccio Deep Tech

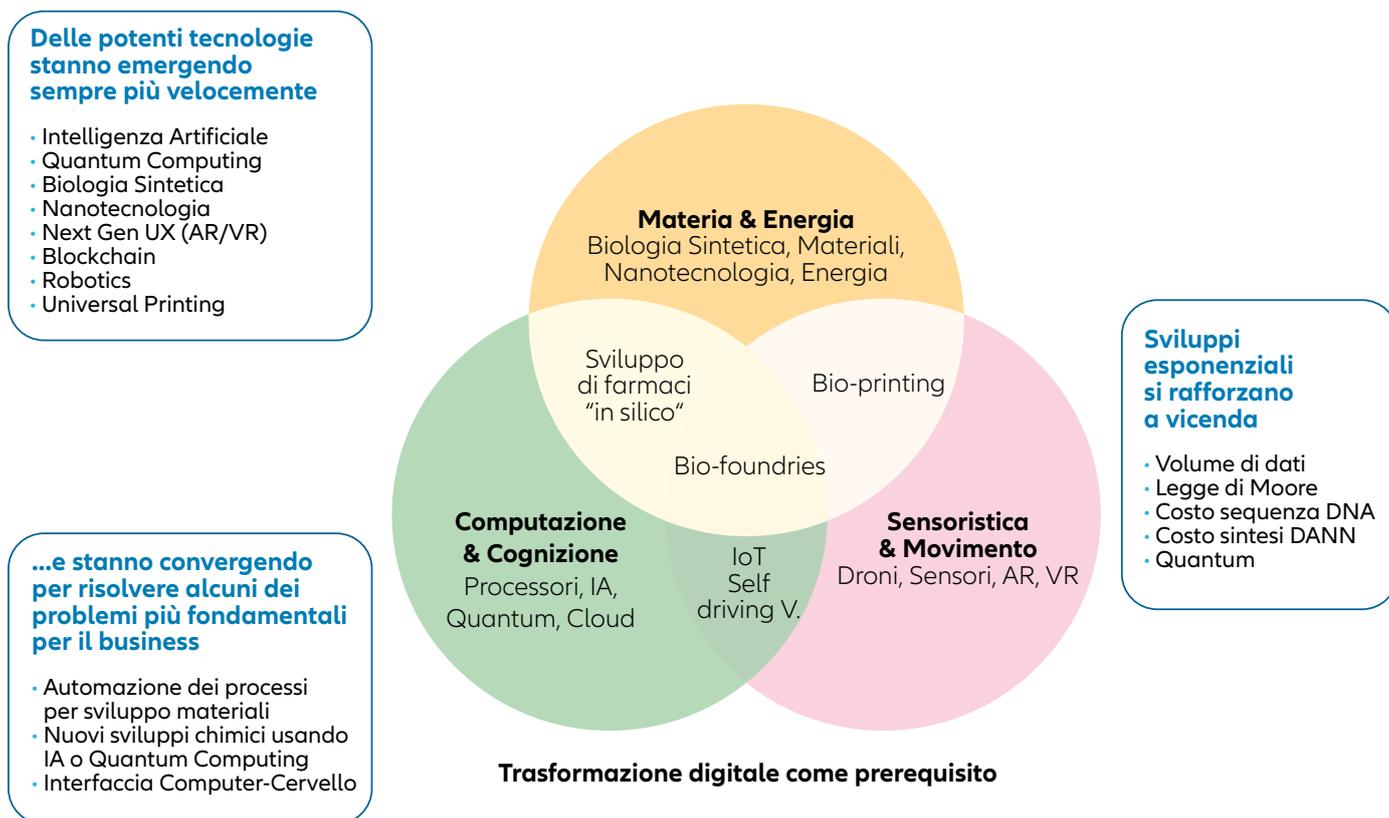


2. La convergenza tra gli ambiti disciplinari. Le imprese *deep tech* si fondano, così, sulla convergenza tra diversi ambiti disciplinari: la *scienza avanzata* che si caratterizza per la generazione di conoscenza nuova senza porsi il problema dei suoi risvolti pratici; il *design* che, vice versa, punta allo sfruttamento della conoscenza esistente per soddisfare i bisogni umani trascendendo la comprensione dei fenomeni sottostanti; e l'*ingegneria* che, garantendo la fattibilità tecnica ed economica della soluzione, costituisce un ponte tra i primi due ambiti disciplinari (figura 1). Gli avanzamenti nei diversi settori devono comunque procedere in parallelo.

3. La convergenza tra i cluster tecnologici. Le imprese *deep tech* si fondano sulla convergenza tra diversi cluster tecnologici: computazione e cognizione (IA e scienze comportamentali e neurali), sensoristica e movimentazione (IoT e robotica), materia ed energia (nanotecnologie e biologia sintetica) (figura 2). È evidente come le tecnologie computazionali e cognitive abbiano avuto un impatto importante sulla società che diventa ancora più pregnante nel momento in cui le si combina con le tecnologie sensoristiche e di movimentazione. Tuttavia, gli avanzamenti nel campo delle nanotecnologie e delle biotecnologie, in particolare nel

Figura 2

Le convergenze delle tecnologie nell'approccio Deep Tech



sequenziamento, ovvero la modifica e scrittura del codice genetico, fanno emergere oggi un ulteriore enorme spazio di trasformazione aziendale: ciò che nel mondo artificiale o naturale consideravamo delle costanti, sono diventate delle variabili.

4. Il ciclo Design-Build-Test-Learn. Se la convergenza tra ambiti disciplinari e cluster tecnologici è il fattore abilitante del *deep tech*, il ciclo ingegneristico *Design-Build-Test-Learning* (DBTL) è il motore centrale di questo nuovo approccio all'innovazione. Il ciclo DBTL rappresenta di fatto il ponte tra il problema da affrontare e la scienza e le tecnologie messe in atto per trovarne la soluzione. Ogni interazione all'interno

Il Nature Co-Design riesce a ingegnerizzare le forme di vita per usarle come piattaforme manifatturiere super efficienti.

del ciclo DBTL è valutata in base alla sua contribuzione a risolvere la criticità. L'orientamento al problema diventa, perciò, un elemento ancora più cruciale, in quanto rappresenta anche un prerequisito per l'efficace sviluppo del ciclo DBTL. È attraverso la convergenza delle tecnologie che la forza del ciclo DBTL si sprigiona. Esso permette di selezionare in prima battuta le tecnologie più efficaci per la risoluzione del problema affrontato ma, ad ogni interazione, anche di applicare una diversa tecnologia.

In sintesi, nella fase di *design*, la creatività "potenziata" porta a maggiori e migliori possibili soluzioni, le capacità avanzate di *build & test* consentono la generazione di un numero significativamente maggiore di dati che, a loro volta, vengono sfruttati nella fase di apprendimento grazie ad algoritmi di IA e *machine learning*, innescando un nuovo ciclo DBTL. Tutto ciò rende il ciclo DBTL deep tech incredibilmente virtuoso.

Ripensare le catene del valore per un vantaggio competitivo sostenibile

Il Nature Co-Design è una straordinaria opportunità di business che catalizzerà la trasformazione digitale dell'industria manifatturiera, favorendo la sua transizione ecologica. Se escludiamo i servizi, il Nature Co-Design ha un impatto potenziale sul PIL globale di oltre il 40%, equivalente a 30 trilioni di dollari (figura 3).

Il Nature Co-Design rappresenta un'opportunità per ripensare le catene del valore, creando un vantaggio competitivo sostenibile, lungo quattro dimensioni:

1. *Il Nature Co-Design amplia lo spazio delle opzioni, creando nuovo valore.* Permette di varcare diversi confini nella produzione manifatturiera, seguendo tre principi fondamentali: invece di estrarre le materie prime per poi raffinarle, consente di realizzare il

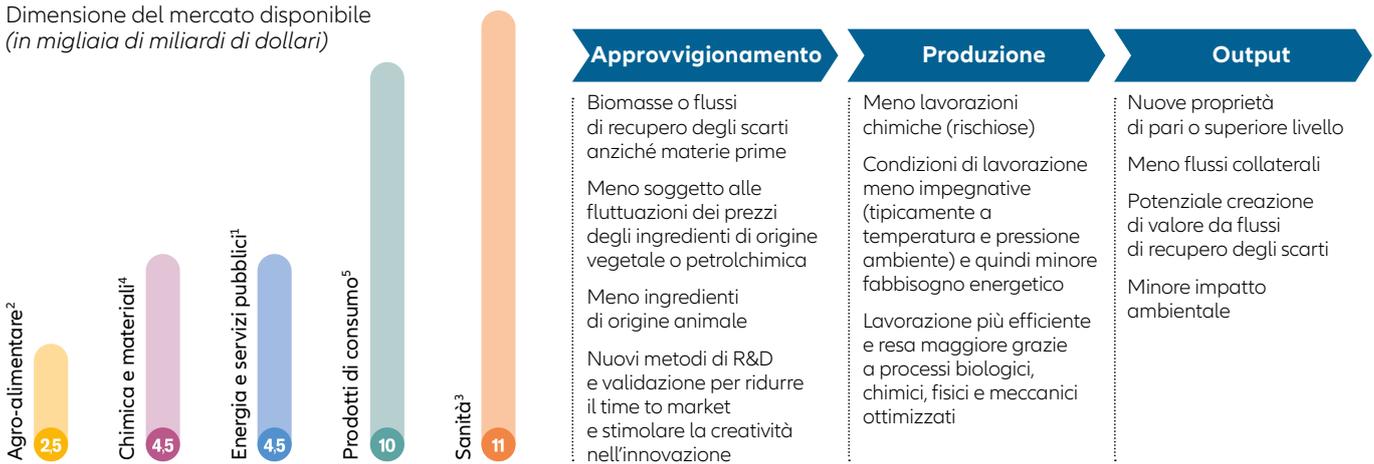
materiale desiderato partendo dalla progettazione dei suoi atomi, raggiungendo perciò una precisione nella fabbricazione senza precedenti; la biologia è altamente selettiva e questo le consente di lavorare materie prime impure; il Nature Co-Design consente, perciò, di fabbricare materiali da miscele inseparabili di materie prime, naturali e non; grazie ai primi due principi, il Nature Co-Design è in grado di rendere sostenibili processi di fabbricazione oggi antieconomici a causa dell'elevata quantità di energia necessaria a svilupparli.

Espandendo lo spazio delle opzioni è possibile rimpiazzare consolidati prodotti, processi, ma anche intere catene di valore (es. carne e latticini) o, comunque, parti importanti delle stesse (es. tessile) che sono state progettate per sfruttare le economie di scala. Geltor, ad esempio, sta rimpiazzando le consolidate attività del ciclo produttivo del collagene.

Figura 3

L'impatto del Nature Co-Design sul PIL globale

Dimensione del mercato disponibile (in migliaia di miliardi di dollari)



1-Research and markets, Utilities Global Market Report 2020-30;
 2-Global Agricultural Products, Market line 2020; 3-Global Healthcare Focus Report, Knowledge Center 2020; 4-Oxford Economics 2020;
 5-Euromonitor, consumer goods excl. drinks and food and 'retailing' 2020

Fonti: OCSE, Banca mondiale, analisi BCG e Hello Tomorrow

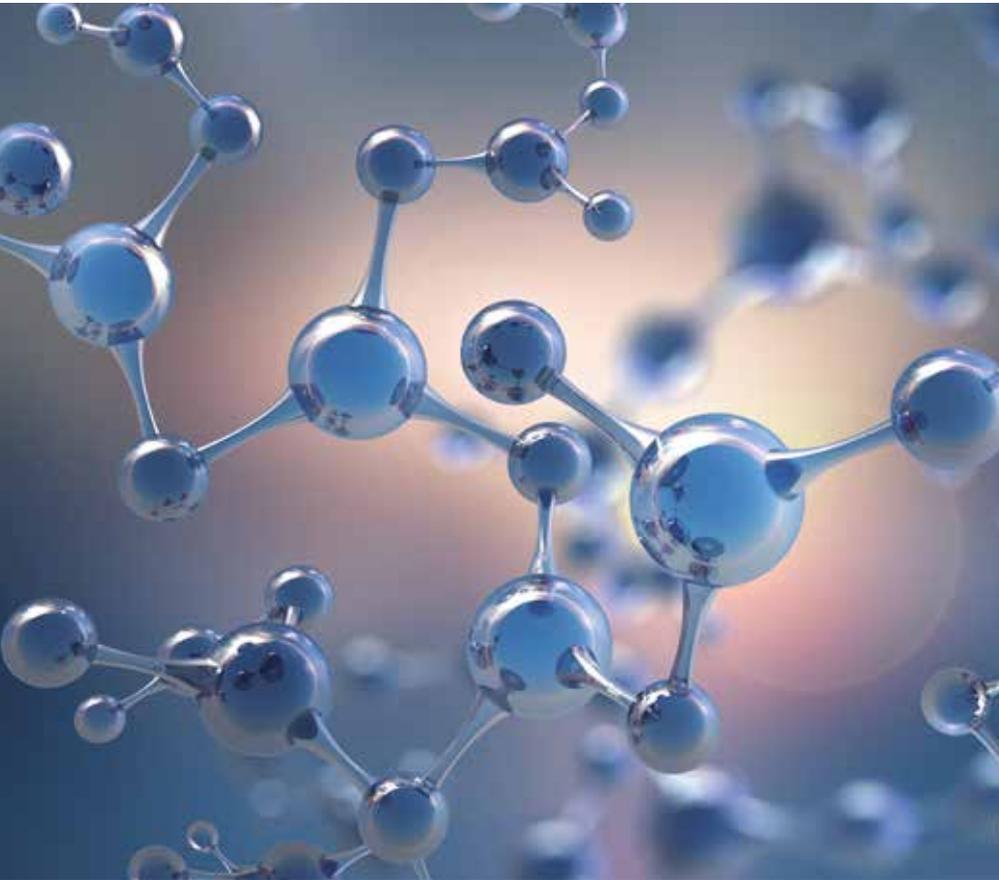
2. Il Nature Co-Design impone il passaggio dalla catena alla rete del valore, trasformando i rifiuti in risorse. Il Nature Co-Design rende possibile il passaggio da una filiera produttiva lineare, che parte dall'estrazione delle materie prime e termina con l'eliminazione degli scarti, a una circolare dove ciò che avanza di un processo produttivo diventa la materia prima per avviare un altro. Dalle tradizionali catene di valore si passa, così, alle reti del valore, composte da un insieme di catene collegate tra loro dal riciclo dei rifiuti prodotti come risorse per un'altra produzione. Questo porta a modificare i tradizionali processi produttivi, ma anche le dimensioni e l'ubicazione degli impianti di produzione, poiché la vicinanza a luoghi di generazione di scarti diventa una variabile rilevante da considerare. I rifiuti diventano una risorsa, se vengono utilizzati come materia prima per nutrire microrganismi funzionali a fabbricare un prodotto, ma anche se vengono *upcycled*, come nel caso dell'anidride carbonica prodotta dai gas di scarico che permette di alimentare la batteria a flusso *redox* di Agora Energy Technology.

3. Il Nature Co-Design implica un cambio radicale nei processi di ingegnerizzazione e produzione, portando a ridefinire i parametri economici. I microrganismi non seguono linearmente il processo di economia di scala, ma secondo una curva a "S", pertanto non vi è alcun miglioramento oltre una certa scala. Questo comporta la riduzione delle dimensioni ottimali degli impianti di produzione e, quindi, le risorse necessarie a finanziarli. Inoltre, l'ampliamento delle opzioni e la possibilità di utilizzare gli scarti di altri processi produttivi come materia prima portano a sostituire i grandi impianti centralizzati con reti distribuite di piccoli impianti modulari, flessibili e "riprogrammabili" a distanza. I microrganismi diventano la vera

infrastruttura di produzione: per passare dalla fabbricazione di un prodotto a un altro non è necessario cambiare gli impianti, ma è sufficiente cambiare i microrganismi e/o gli scarti che li alimentano. Il *Capex* perde così d'importanza rispetto all'*Opex*. A causa della non linearità che contraddistingue il processo, i risultati raggiunti in laboratorio su scala microlitro possono non manifestarsi su scale maggiori, rendendo perciò impossibile il loro sfruttamento commerciale. Le imprese devono quindi partire da un obiettivo di capacità produttiva e disegnare a ritroso il processo produttivo, attraverso molti esperimenti per testare il comportamento dei microrganismi a scale differenti. La necessità di una crescita

graduale in modo *top-down* rende poi necessario adottare un approccio *design-to-cost*. L'ultimo è favorito dalla possibilità di elaborare i microrganismi per consentire non solo una maggiore efficienza nella lavorazione a valle, ossia nell'isolamento e purificazione dei prodotti biosintetici desiderati, ma anche una migliore resa di produzione, una riduzione nell'impiego di materia prima e/o un aumento nella velocità di crescita. A differenza delle economie di scala, quelle di apprendimento sono fondamentali anche nel Nature Co-Design. Per sfruttare tali economie è possibile modulare gli impianti di produzione, creare standard di settore e condividere i dati con gli altri operatori. È altresì possibile progettare i

Per cogliere le potenzialità del Nature Co-Design, le imprese consolidate devono aumentare gli investimenti in R&S dedicati ed entrare in partnership con quelle pioniere in questo campo.



microrganismi affinché usino sistemi di produzione esistenti. La velocità con cui la capacità produttiva cumulata è realizzata impatta significativamente sui costi. Le riflessioni sviluppate si riferiscono ai materiali organici, ma valgono in massima parte anche per quelli inorganici.

4. Il Nature Co-Design richiede un aumento della conoscenza scientifica e dell'immaginazione. Mentre le regole della biologia limitano lo spazio delle opzioni, il numero di possibili molecole da progettare usando la chimica è enorme. Infatti, il numero di combinazioni atomiche – tipi, numero e posizione degli atomi in una molecola, proprietà geometriche e di legame – è pressoché infinito. Anche il numero delle proprietà è in gran

parte sconosciuto. Le nanotecnologie, sfruttando le forze quantistiche intrinseche alla nanoscala, permettono infatti di inventare moltissimi materiali con caratteristiche che non esistono in natura e che non sono comunque ottenibili a scale maggiori.

Le imprese consolidate, per cogliere le potenzialità del Nature Co-Design, devono aumentare gli investimenti in R&S dedicati, ma anche entrando in partnership con quelle pioniere in questo campo. Se le imprese già avviate su questa strada hanno le conoscenze scientifiche necessarie a trovare una soluzione, quelle consolidate hanno le conoscenze industriali necessarie a identificare un problema critico. Il fine ultimo non può essere la mera riduzione dei costi di

produzione, tuttavia deve presentarsi un'incertezza così sfavorevole da indurre alla distruzione di una consolidata catena di valore. A tal fine occorre sapere in quale punto della catena si crea il maggiore valore aggiunto, dove esistono delle potenziali fonti di crescita non sfruttate e quali particolari innovazioni consentono di accedervi. Ciò può implicare un radicale ridisegno dei prodotti e processi, ma anche dei modelli di *business* e di quelli organizzativi, dove l'immaginazione dei *top manager*, e quindi il cambiamento delle loro forme mentali, diventa un fattore critico di successo per l'ampliamento dello spazio delle opzioni.

Due industrie che il Nature Co-Design quasi sicuramente metterà in ombra e che sono o, quantomeno erano, importanti per l'economia italiana, sono quelle dell'allevamento e il tessile. La fermentazione di precisione sta già abilitando, infatti, lo sviluppo di nuovi prodotti quali la carne coltivata, latticini sintetici, la pelle coltivata in laboratorio e il collagene sintetico. Il Nature Co-Design può, inoltre, abilitare l'implementazione di nuovi tessuti che permettano di aumentare la produttività, la sostenibilità e la personalizzazione. Tali sfide non potranno tuttavia essere vinte senza un approccio a livello di ecosistema. Altre industrie assai rilevanti per l'economia italiana, sulle quali il Nature Co-Design promette di avere un forte impatto, sono l'industria del cibo e l'agro-tecnica in genere, del bio-pharma, dell'energia e dei materiali per le costruzioni.

Un approccio non riduzionista e profondamente etico

A causa della complessità intrinseca del Nature Co-Design, in primis della non linearità sia delle bio che delle nanotecnologie, non è possibile adottare nello sviluppo delle opportunità di business un approccio riduzionista. Questo anche perché il Nature Co-Design può rilasciare in natura delle indesiderate alterazioni sia organiche che inorganiche, le cui conseguenze di secondo e terz'ordine possono essere

La complessità intrinseca del Nature Co-Design impone di tenere in attenta considerazione, anche dal punto di vista etico, le implicazioni derivanti dallo sfruttamento della natura come piattaforma manifatturiera.

difficili da invertire. Ciò impone di tenere in attenta considerazione, anche dal punto di vista etico, le implicazioni derivanti dallo sfruttamento della natura come piattaforma manifatturiera. Occorrerà, inoltre, adoperarsi per rendere coerente la velocità con cui si manifesteranno i progressi scientifici e tecnologici con quella che caratterizzerà la loro accettazione. Gli scienziati e gli imprenditori dovranno, quindi, lavorare insieme anche per combattere le paure e la disinformazione che potrebbero minacciarne l'accettazione pubblica. Importante sarà anche il coinvolgimento di bio-designer, bio-artisti, bio-chef che aiutino il pubblico ad accettare i nuovi tessuti, cibi e materiali generati dal Nature Co-Design.

Carlo Bagnoli è Professore Ordinario d'innovazione strategica e Direttore della School of Management all'Università Ca' Foscari Venezia. Fondatore e direttore scientifico di Strategy Innovation Srl e di VeniSIA (Venice Sustainability Innovation Accelerator), un neonato deep tech accelerator.

Massimo Portincaso è Executive Chairman di Officinae Bio, la prima DNA Foundry italiana ed è Chairman di Hallo Tomorrow, un'organizzazione dedicata ad attivare il potenziale del deep tech e del suo ecosistema. È stato, in precedenza, Managing Director e Partner di Boston Consulting Group (BCG) a Berlino, dove era co-responsabile della Deep Tech Mission, l'unità di BCG dedicata al deep tech.