

La BioEconomia circolare

Nell'ambito del Green Deal Europeo, il **nuovo Piano di azione per l'economia circolare (COM/2020/98) e la nuova Strategia industriale europea (COM/2021/350)** vanno nella comune direzione di accelerare la trasformazione industriale nel segno della transizione ecologica, considerando l'evoluzione dall'attuale modello economico ad un'economia circolare come una delle condizioni necessarie per raggiungere l'obiettivo di decarbonizzazione del 2050. Secondo il *Circularity Gap Report 2021* del Circle Economy, che misura la circolarità dell'economia mondiale, raddoppiando l'attuale tasso di circolarità dall'8,6% (dati del 2019) al 17%, si possono infatti ridurre le emissioni globali di gas serra del 39% l'anno.

Si rende perciò urgente la transizione verso un modello di crescita rigenerativo in grado di restituire al pianeta più di quanto viene preso, riducendo il più possibile l'impronta dei consumi e raddoppiando la percentuale di utilizzo dei materiali circolari nel prossimo decennio. Il sistema produttivo si deve incentrare sull'auto-rigenerazione, dove i materiali di origine biologica sono reintegrati nella biosfera e gli altri materiali – e prodotti – devono essere progettati in una logica di riuso e riciclo, finalizzato alla rivalorizzazione e alla chiusura del cerchio, riducendo al minimo, anzi possibilmente a zero, la produzione di rifiuti.

L'attuazione di questo nuovo modello investe molteplici settori diversi, sia settori a monte della catena produttiva (come l'agricoltura, silvicoltura e pesca, l'industria del legno e della carta, l'industria chimica e della gomma-plastica), sia settori a valle del processo (come il settore alimentare, l'abbigliamento, i mobili, la farmaceutica), nonché la bioenergia, i biocarburanti e il ciclo idrico. Nella logica di chiusura del cerchio sono di fondamentale importanza non solo il riciclo, il trattamento degli scarti e delle biomasse, ma anche la valorizzazione dei sottoprodotti dei processi produttivi anche per la massimizzazione del valore economico, puntando all'allestimento di bioraffinerie zero waste, alla riprogettazione di sistemi produttivi, alla realizzazione di innovazioni radicali di processo e di prodotto, e considerando la rigenerazione delle aree industriali di crisi più rilevanti come un'occasione di ripresa.

“In questo contesto il ruolo della Bioeconomia, ovvero il sistema che utilizza le risorse biologiche, inclusi gli scarti, per la produzione di beni ed energia, è molto rilevante: la sua natura fortemente connessa al territorio, la sua capacità di creare filiere multidisciplinari integrate nelle aree locali e di restituire, grazie a un approccio circolare, importanti nutrienti al terreno la pongono come uno dei pilastri del processo di transizione sostenibile.”

Dei numerosi ambiti rilevanti per la BioEconomia circolare, alcuni sono di seguito descritti, a titolo esemplificativo e non esaustivo, distinguendoli nelle principali aree di interesse: processi di trasformazione, materie prime, prodotti e settori.

PROCESSI DI TRASFORMAZIONE

Ambito cruciale, relativamente ai processi di trasformazione, è quello **della chimica verde** attraverso lo sviluppo di processi chimici eco-compatibili mediante ad esempio: l'utilizzo di reagenti non inquinanti o tossici e di solventi green in alternativa ai comuni solventi organici, di fonti di energia alternative al calore per l'attivazione delle reazioni (luce, irradiazione da microonde o ultrasuoni), e tecnologie emergenti a sostegno della chimica sostenibile quali la chimica in flusso e la meccanochimica; lo sviluppo e l'utilizzo di nuovi sistemi catalitici ad alta attività e selettività, a base di metalli a basso costo e facilmente disponibili in natura, ad alto *turnover* e in grado di limitare la quantità e la natura chimica del solvente di reazione (alcuni tra i *focus* principali in quest'ambito sono l'organocatalisi asimmetrica sostenibile, la sintesi catalitica sostenibile e l'utilizzo di sistemi catalitici a base di strutture metallo-organiche e bio-inorganiche);

lo sviluppo di reazioni in assenza di catalizzatore; lo sviluppo di protocolli sostenibili per il trattamento e la valorizzazione di scarti della filiera agro-alimentare e sottoprodotti di lavorazioni industriali basati sulla conoscenza delle caratteristiche strutturali e di reattività di tali materiali (tipicamente di natura polisaccaridica, proteica e polifenolica), nonché loro trasformazione in prodotti ad alto valore aggiunto o componenti di prodotti e manufatti per uso industriale e civile, o anche come sostituti di additivi di natura sintetica attualmente in uso per migliorare le caratteristiche e prestazioni dei prodotti finali. Nella logica di progettazione di materiali adatti al riuso e riciclo particolare importanza rivestono i polimeri anche in considerazione del loro impiego nei più diversi ambiti (ad esempio quello degli imballaggi, del settore tessile e automobilistico).

In questa nuova prospettiva di sviluppo, relativamente ai processi di trasformazione, anche **l'ambito delle biotecnologie** assume un'importanza fondamentale, attraverso l'ottimizzazione e l'applicazione di un ampio ventaglio di sistemi biologici -quali microorganismi, microalghe, alghe, piante e insetti- e loro componenti come gli enzimi sia derivanti dagli organismi coltivati in laboratorio sia da approcci di metagenomica e versioni opportunamente migliorate mediante ingegneria genetica. L'adozione di questi sistemi in processi biotecnologici di fermentazione e bioconversione -con schemi di processo e reattoristica opportunamente disegnati per le diverse fasi- consente di conseguire l'upgrading (eco)sostenibile di scarti e sottoprodotti, secondo il modello circolare.

MATERIE PRIME (SECONDE)

Per quel che riguarda le materie prime, **l'ambito agronomico**, attraverso l'individuazione e la valorizzazione di terreni marginali e/o contaminati per la produzione di biomasse a basso Indirect Land Use Change, può fornire un contributo rilevante per uno sviluppo (eco)sostenibile del territorio valorizzando, in accordo al Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, l'agricoltura rigenerativa e la promozione di bioprodotto innovativi e sostenibili, allo scopo di eliminare progressivamente l'uso di materie inquinanti. In questo ambito, assumono un ruolo fondamentale sia l'agricoltura biologica sia gli altri settori che rappresentano i cardini della **strategia europea "Farm to Fork"**, finalizzata alla diminuzione delle emissioni dei gas serra e alla protezione degli ecosistemi e della biodiversità. Quest'ultima assume particolare importanza in questo periodo storico in cui, come rimarcato da Frans Timmermans, Vice Presidente della Commissione Europea, *"La crisi del coronavirus ha dimostrato la vulnerabilità di tutti noi e l'importanza di ripristinare l'equilibrio tra l'attività umana e la natura"*.

L'utilizzo delle biomasse da colture dedicate in aree marginali e/o contaminati e anche di residui agricoli, zootecnici o forestali può contribuire sia alla diminuzione della dipendenza dalle risorse fossili e alla diminuzione dei carichi emissivi sia all'aumento della circolarità dei processi produttivi per la produzione di bioenergia, biochemicals e biomateriali. Questo prevede la valorizzazione dei sottoprodotti dei diversi processi mediante **l'uso a cascata della biomassa e la costruzione di nuove filiere agro-industriali ecosostenibili integrate**.

L'ambito marino costituisce un'altra ricchezza importantissima per la crescita in chiave circolare del nostro paese sia per il *bio-prospecting* di risorse rinnovabili di origine marina sia perché la salvaguardia del mare passa, anche, dall'economia circolare.

Nella logica della circolarità, molteplici sono le materie prime seconde utilizzabili, essendo necessario reimmettere i prodotti a fine vita -alcuni dei quali descritti nella sezione successiva- come materie prime nel ciclo di produzione autorigenerativo.

PRODOTTI E SETTORI

La migliore integrazione delle biotecnologie e della chimica verde dovrà essere finalizzata a valorizzare la circolarità dei processi produttivi con particolare riferimento ai settori che utilizzano più risorse quali **elettronica e ICT, batterie e veicoli, imballaggi, plastica, tessile, edilizia e costruzione, cibo.**

Questo implica anche la massima valorizzazione in ottica circolare di sottoprodotti, scarti e rifiuti di processi di varia natura finalizzata alla **sintesi di molecole di interesse industriale, farmaceutico e tecnologico oltre che di utili *building blocks*, *fine chemicals*, nutraceutici o ingredienti funzionali per alimenti innovativi, la produzione e l'utilizzo di materiali polimerici riciclabili o a basso impatto ambientale e biopolimeri, la produzione di biocarburanti e (bio)energia.**

Una fase cruciale, insieme alla riprogettazione dei processi, è quella della **riprogettazione dei prodotti**, in un'ottica di eco-design complessivo, elemento fondamentale della BioEconomia circolare.

In accordo a "Un nuovo piano d'azione per l'economia circolare per un'Europa più pulita e più competitiva (COM/2020/98), i nuovi prodotti e materiali sostenibili devono rispondere alle seguenti esigenze: • il miglioramento della durabilità, della riutilizzabilità, della possibilità di up-grading e della riparabilità dei prodotti, l'eliminazione di sostanze chimiche pericolose nei prodotti e l'aumento della loro efficienza sotto il profilo energetico e delle risorse; • l'aumento del contenuto riciclato nei prodotti, garantendone al tempo stesso le prestazioni e la sicurezza; • la possibilità di rifabbricazione e di riciclaggio di elevata qualità; • la riduzione delle impronte carbonio e ambientale; • la promozione del modello "prodotto come servizio" o di altri modelli in cui i produttori mantengono la proprietà del prodotto o la responsabilità delle sue prestazioni per l'intero ciclo di vita; • la mobilitazione del potenziale di digitalizzazione delle informazioni relative ai prodotti, ivi comprese soluzioni come le etichettature e le filigrane digitali; • il miglioramento delle prestazioni in termini di sostenibilità.

L'attenzione si pone anche sui prodotti che, oltre a essere bio-based e a presentare dunque i vantaggi in termini di emissioni legati alla materia prima, particolarmente importanti nel caso di utilizzo di sottoprodotti di altre lavorazioni o di reflui e rifiuti, sono anche biodegradabili e compostabili alla fine del loro ciclo di vita, in conformità agli standard internazionali (ad esempio EN 13432, EN 17055, etc.). Questo include lo sviluppo di etichettature con materiali a base organica includendo anche biocoloranti, derivanti da scarti e il miglioramento delle proprietà delle plastiche biodegradabili o compostabili per ampliarne il range applicativo.

Una delle principali finalità dei processi sviluppati secondo il modello circolare è la **minimizzazione e l'ottimizzazione della gestione di reflui e rifiuti e la valorizzazione e recupero degli scarti e materiali a fine vita.**

Nel caso di **scarti e sottoprodotti di natura organica** (frazione organica dei rifiuti, scarti della filiera agro-alimentare, etc.), accanto ai più noti processi di digestione anaerobica e *dark fermentation*, si sta ponendo l'attenzione anche su altri processi quali quelli di *photo-fermentation* e di produzione di proteine microbiche di seconda generazione: lo studio di tali processi biologici, delle loro condizioni operative e della loro opportuna integrazione consente di delineare nuove soluzioni tecnologiche per la produzione di vettori energetici quali idrogeno e metano, ma anche di prodotti a elevato valore aggiunto di interesse industriale (es. poliidrossialcanoati, proteine microbiche). Analogamente, processi chimico-fisici possono essere efficacemente implementati per trasformare tali scarti organici in materiali bio-adsorbenti non convenzionali.

Appare, altresì, pienamente coerente con i principi dell'economia circolare il recupero di materiali di valore (rame, oro, argento, ...) ed elementi critici (terre rare) dai rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche (**RAEE**). A tal riguardo, la ricerca riveste un ruolo di primo piano, tra l'altro, nell'analisi e ottimizzazione dei pretrattamenti meccanici cui sono tipicamente sottoposti i RAEE per la riduzione delle perdite di materiali di interesse e nello studio di processi innovativi e a ridotto impatto ambientale che

possano affermarsi con una valida alternativa ai convenzionali processi di recupero di metalli preziosi e terre rare.

Per quanto riguarda il **comparto dei materiali da costruzione**, ivi compresi quelli di ambito civile, utilizzati questi ultimi in campo edile e in campo trasportistico (materiali per infrastrutture e per sovrastrutture/pavimentazioni), alcune possibili linee di intervento includono: il calcestruzzo cellulare che, ad esempio, permette di riutilizzare gli scarti di produzione; la digital fabrication che permette di implementare paradigmi di zero waste construction; i materiali per le pavimentazioni stradali che possono essere ottenuti dal riciclo sia a caldo che a freddo e sia in impianto che in situ, il recupero nel settore delle costruzioni dei sedimenti di dragaggio contaminati, o per le ceneri degli impianti di trattamento termico attraverso processi di solidificazione/stabilizzazione e, nel campo delle costruzioni stradali, la progettazione di miscele bituminose eco-sostenibili contenenti rifiuti quali demolizioni di opere di ingegneria civile, industria tessile, ceneri provenienti dalla combustione di rifiuti urbani e plastica.

L'attenzione alla circolarità si pone anche in **ambito idrogeologico** attraverso ad esempio: il riciclo e il recupero di metalli pregiati da fonti alternative, ovvero geomateriali non-convenzionali e/o sottoprodotti dell'attività mineraria e vari materiali di scarto, generalmente considerati inutili ed inquinanti; la valutazione della possibilità di utilizzare rocce e minerali di interesse industriale (geomateriali) ed i loro relativi prodotti di scarto, provenienti da lavorazioni in settori di interesse tecnologico, come materie prime seconde, in particolare, nel campo ceramico, sia come agenti di fusione in sostituzione dei tradizionali e più costosi feldspati, sia come materie prime per la produzione di aggregati leggeri espansi, utilizzando sottoprodotti derivanti da diversi settori (vetri, prodotti ceramici), ma anche nella produzione di calcestruzzi leggeri strutturali; la valutazione della possibilità di utilizzare le acque reflue depurate per la ricarica artificiale delle falde, per contrastare l'intrusione salina in aree costiere e per scopi irrigui e ricreazionali in aree agricole ed urbane.

La transizione a un modello di economia circolare è altresì un importante obiettivo da perseguire nella **gestione dei sistemi idrici** e, in questo ambito, si collocano molteplici attività quali: strategie per la riduzione delle perdite idriche; gestione efficiente dei sistemi di pompaggio; monitoraggio e controllo della qualità delle acque; recupero energetico nelle reti idriche; impatto dei cambiamenti climatici sulle reti fognarie e di drenaggio; monitoraggio e controllo delle reti fognarie e di drenaggio; monitoraggio dei corpi idrici recettori superficiali e sotterranei; strategie per l'uso ottimale dei grandi invasi e dei corpi idrici invasi; progettazione ottimizzata di reti fognarie per la riduzione degli allagamenti.

Il riuso dello spazio urbano è un argomento di fondamentale importanza per l'economia circolare, con effetti anche diretti sul clima, giacché lo spazio antropizzato ha spesso caratteristiche di minore permeabilità che enfatizzano gli effetti degli eventi atmosferici estremi e, in un ciclo vizioso, accelerano le dinamiche che danno luogo ai cambiamenti climatici. Particolare rilevanza rispetto alla transizione ecologica assumono quindi le tematiche dell'upcycling di aree e manufatti industriali e infrastrutturali dismessi o abbandonati e della progettazione di spazi residuali delle infrastrutture urbane, oltre che del contenimento del consumo di suolo.

L'individuazione delle aree più idonee all'ubicazione dei centri di raccolta e smistamento delle biomasse così come delle bioraffinerie e/o impianti di trattamento deve realizzarsi in sinergia con il territorio ospitante. Le ben note tecniche di Analisi Spaziale Multi-Criteria, come strumento di supporto alle decisioni, in combinazione con i panel degli esperti/stakeholders di un territorio, consentono di rispondere a questo obiettivo.

Un ulteriore supporto alla **logistica della filiera delle biomasse** è dato dallo sviluppo di tecniche che consentono di ridurre i volumi e aumentare la densità delle biomasse per migliorarne il trasporto al luogo di conferimento finale e le attività meglio rispondenti a questi obiettivi sono l'analisi S-MCDA con supporto di panel di esperti e stakeholders per l'ottimizzazione del siting degli impianti e l'ottimizzazione del

trasporto di biomasse mediante l'individuazione di tecniche di pirolizzazione e densificazione a bordo campo.

La validazione dei processi progettati/sviluppati richiede che siano sottoposti ad **analisi socio-economica e degli impatti ambientali** e le aree sede di allocazione degli impianti al **monitoraggio ambientale e dell'inquinamento atmosferico**.

Altro ambito importante per i processi e gli impianti sviluppati, è quello dello **sviluppo, validazione e sperimentazione di modelli, metodi e tecnologie per la transizione energetica**, con particolare riferimento a quelle di interesse per favorire l'integrazione delle fonti rinnovabili, l'efficienza energetica e l'integrazione tra i settori dell'energia elettrica, di quella termica e dei trasporti (Power-to-Heat, Power-to-Gas, Power-to-Fuel, sistemi di accumulo, idrogeno verde, Fuel Cell, poligenerazione, tecnologie per la mobilità sostenibile, ...). Gli aspetti relativi alla **mobilità sostenibile** ed alla **reverse logistics** rivestono anche una grande importanza diretta in termini di economia circolare ma anche indiretta in termini di riutilizzo e condivisione di spazio (urbano e per la circolazione) e risorse materiali. Infine, l'efficientamento delle condizioni di deflusso (reti) e di guida (veicoli) permettono risparmi energetici ed efficienze ambientali di molti punti percentuali ed abilitano la produzione e commercializzazione di mezzi di trasporto più sostenibili, nonché l'implementazione di servizi più efficienti.

Una fase fondamentale è quella che riguarda **metodi, nuove pratiche e modelli di business** per l'economia circolare e per la **valutazione della "sustainability performance" e del bilancio di sostenibilità**, lo sviluppo e l'applicazione del **Circular Customer Journey** e le **Tecnologie Smart**.

Aspetti cruciali per l'attuazione dell'economia circolare e le diverse tecnologie necessarie sono quelli della **disseminazione** al fine di migliorarne la percezione pubblica, del trasferimento di conoscenze e competenze per l'implementazione di pratiche di sostenibilità ambientale anche a supporto di decisori politici e pianificatori, della progettazione partecipata dello sviluppo sostenibile dei territori, di azioni, in contesti locali, ancorate ai **Sustainable Development Goals** "*Climate change and sustainability, energy transition, local communities, environmental policies*".

Finalità, obiettivi e Attività

Task Force di Ateneo (TFdA) BioEconomia circolare

Finalità

La *Task Force* in BioEconomia circolare rappresenta una compagine di studiosi altamente qualificati in ambiti complementari e multidisciplinari, che intendono operare sinergicamente al fine di intensificare le attività di ricerca, sviluppo e formazione, aumentare l'accesso ai fondi diretti e indiretti dell'Unione Europea e incrementare il trasferimento tecnologico consolidando il rapporto con le imprese private. A questo scopo, la TFdA in BioEconomia circolare mira a favorire la comunicazione e la collaborazione tra i settori ERC PE, LS ed SH presenti in ateneo che possano dare un contributo.

Obiettivi

La *Task Force* in BioEconomia circolare si prefigge i seguenti obiettivi:

- a) promuovere la sinergia e la collaborazione scientifica negli ambiti di rilevanza per la BioEconomia circolare presso tutti i soggetti interessati sia interni che esterni all'Ateneo;
- b) favorire – anche in partenariato con gli altri stakeholders quali ad esempio realtà industriali– la partecipazione a progetti di ricerca e di trasferimento tecnologico;
- c) incrementare il grado di specializzazione delle competenze in ambito BioEconomia circolare, attraverso un upgrading dell'offerta formativa.

Attività

Le attività oggetto della TFdA in BioEconomia circolare saranno:

- a) monitorare il quadro delle competenze che in termini di produttività scientifica, progettualità e infrastrutture l'ateneo Federiciano è in grado di offrire negli ambiti di rilevanza per la BioEconomia circolare in modo da individuare ambiti di sinergia e collaborazione;
- b) incrementare le collaborazioni con le imprese private e gli *stakeholders* istituzionali e facilitare lo sviluppo di attività e infrastrutture di ricerca in stretta sinergia e correlazione con questi partner;
- c) realizzare attività finalizzate all'accesso a finanziamenti per la ricerca, la formazione e il trasferimento tecnologico tramite bandi competitivi in tutti i settori di rilevanza per la BioEconomia circolare;
- e) intensificare le collaborazioni con altri atenei e organizzazioni di ricerca, in una logica di rafforzamento di rete su scala nazionale ed internazionale;
- f) predisporre studi e progetti su temi di particolare rilevanza scientifica e strategica.

Si realizzeranno anche attività di:

Disseminazione

sia per la crescita delle interazioni interne di Ateneo, sia per la presentazione all'esterno, attraverso:

- a) cicli di seminari e di iniziative di divulgazione su BioEconomia circolare e sue ricadute nei diversi contesti;
- b) eventi in collaborazione con gli stakeholder industriali e istituzionali.

Formazione

che, con un ruolo centrale nelle attività della TFdA, riguarderà due principali livelli:

- a) attivazione di insegnamenti di BioEconomia circolare nei corsi di studio di lauree triennali e magistrali;
- b) attivazione di borse di Dottorato interdisciplinare.

Trasferimento tecnologico

realizzato a partire dai settori in cui la BioEconomia circolare ha un ruolo importante di sviluppo e allargando il ventaglio di interazioni a tutti i settori interessati.

In tutte le attività sopra descritte, sarà valorizzata la partecipazione dei diversi Dipartimenti afferenti e dei singoli Gruppi catalizzando la sinergia delle expertise, metodologie e strumenti dei diversi ambiti.

Struttura

Task Force di Ateneo (TFdA) BioEconomia circolare



Funzioni degli organi della TFdA

	Funzioni	Nomina/Composizione
Responsabile Scientifico	Coordinamento delle attività della TFdA	Nomina Rettorale
Comitato di Gestione	<p>Programmazione, organizzazione dei gruppi di ricerca in cui possono essere articolate le attività, sviluppo di nuove proposte progettuali e delle relative richieste di finanziamento, rapporti con enti finanziatori pubblici e/o privati, organizzazione di eventi sulle tematiche relative alla TFdA.</p> <p>Il Comitato di Gestione esamina le proposte di adesione degli Esperti alla TFdA e si esprime al riguardo.</p> <p>Il Comitato di Gestione esamina le proposte di adesione dei Dipartimenti, e formula la proposta di integrazione al Rettore.</p>	<p>Nomina Rettorale sulla base delle designazioni ricevute dai Dipartimenti.</p> <p>Componenti: uno/due componente/i designato/i da ciascuno dei Dipartimenti afferenti.</p>
Task Force	I Componenti della <i>Task Force</i> sono studiosi di elevata qualificazione, adeguatamente documentata da risultati scientifici e/o gestionali, funzionali allo sviluppo delle attività della TFdA. I Componenti possono essere studiosi afferenti o non afferenti ai Dipartimenti proponenti, ma che con questi hanno rapporti di collaborazione scientifica.	Inclusione dei Componenti approvata con delibera del Comitato di Gestione su proposta di uno o più Dipartimenti.